

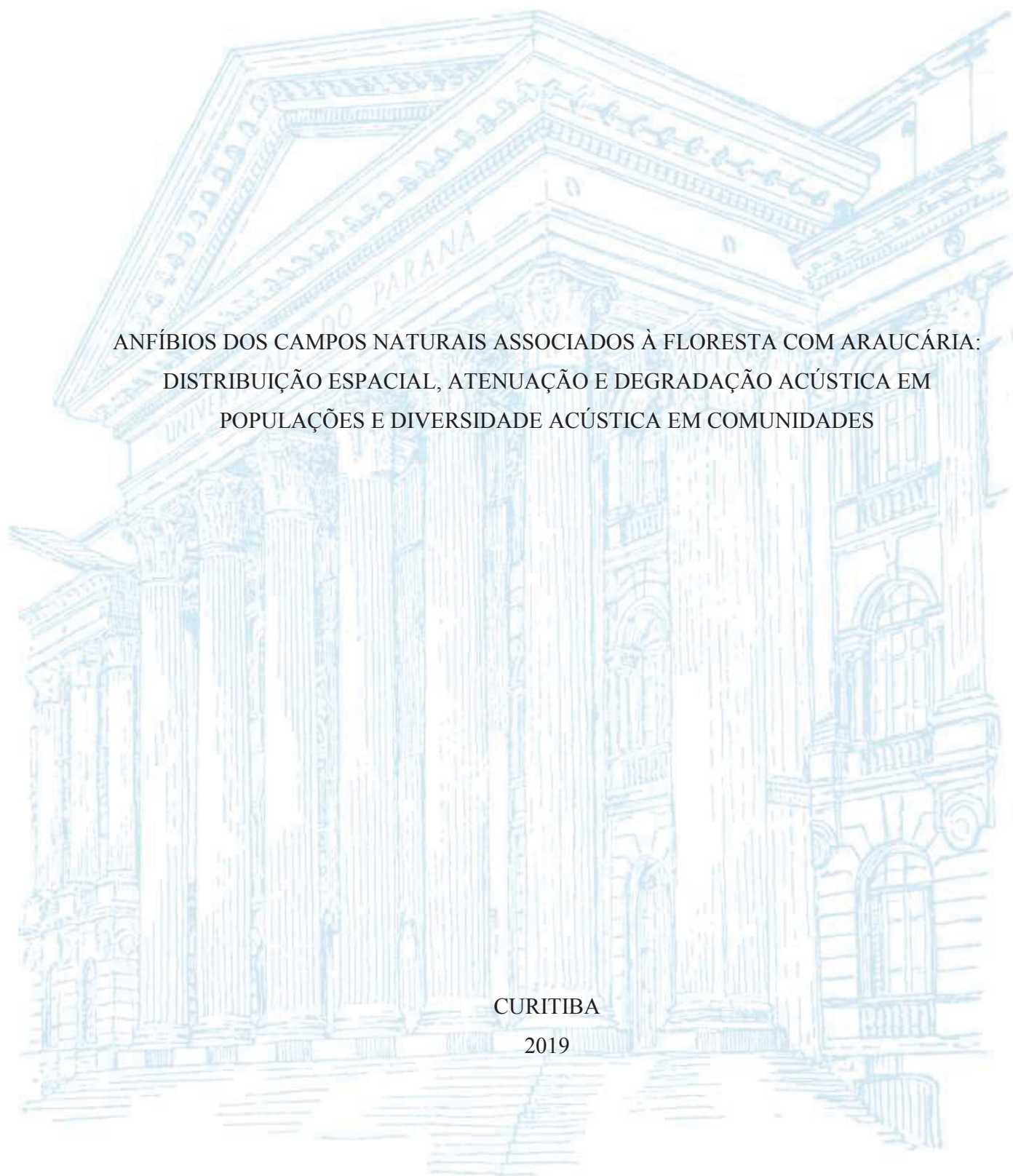
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAIO MARINHO MELLO

ANFÍBIOS DOS CAMPOS NATURAIS ASSOCIADOS À FLORESTA COM ARAUCÁRIA:
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, ATENUAÇÃO E DEGRADAÇÃO ACÚSTICA EM
POPULAÇÕES E DIVERSIDADE ACÚSTICA EM COMUNIDADES

CURITIBA

2019



CAIO MARINHO MELLO

ANFÍBIOS DOS CAMPOS NATURAIS ASSOCIADOS À FLORESTA COM ARAUCÁRIA:
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, ATENUAÇÃO E DEGRADAÇÃO ACÚSTICA EM
POPULAÇÕES E DIVERSIDADE ACÚSTICA EM COMUNIDADES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas, área de concentração Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Lingnau

Coorientador: Dr. Carlos Eduardo Conte

CURITIBA

2019

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.
Biblioteca de Ciências Biológicas.
(Dulce Maria Bieniara – CRB/9-931)

Mello, Caio Marinho

Anfíbios dos campos naturais associados à floresta com Araucária: distribuição espacial, atenuação e degradação acústica em populações e diversidade acústica em comunidades. / Caio Marinho Mello. – Curitiba, 2019.

131 p.: il.

Orientador: Rodrigo Lingnau

Coorientador: Carlos Eduardo Conte

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Zoologia.

1. Distribuição espacial 2. Bioacústica 3. Sazonalidade 4. Anfíbios I. Título II. Lingnau, Rodrigo III. Conte, Carlos Eduardo IV. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Zoologia.

CDD (20. ed.) 597.8



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOLOGIA -
40001016008P4

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOLOGIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **CAIO MARINHO MELLO** intitulada: **Anfíbios dos campos naturais associados à floresta com Araucária: distribuição espacial, atenuação e degradação acústica em populações e diversidade acústica em comunidades**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 26 de Junho de 2019.


RODRIGO LINGNAU

Presidente da Banca Examinadora (PUC/RS)


ROGÉRIO PEREIRA BASTOS
Avaliador Externo (UFG)


GLEDSON VIGIANO BIANCONI
Avaliador Externo (UFPR)


EMYGDIO LEITE DE ARAUJO MONTEIRO FILHO
Avaliador Interno (UFPR)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo Lingnau. Rodrigo, mesmo sem me conhecer pessoalmente, apenas por recomendação do Kadu e por reuniões via Skype, você aceitou o desafio de me orientar restando menos de um ano para o término do meu doutorado, algo que acredito que poucas pessoas fariam. Mesmo a quilômetros de distância, coordenando uma pós-graduação, dando aulas e com outros alunos para orientar, você sempre esteve presente quando eu precisei fosse por e-mail, por Skype ou mensagem via WhatsApp. Eu espero ter sido um bom orientado e que você tenha gostado de trabalhar comigo. Obrigado por ter me guiado nesta reta final, serei sempre imensamente grato a você.

Ao meu coorientador, Dr. Carlos E. Conte. Kadu, sinceramente, nenhuma palavra ou ato será suficiente para expressar o quanto sou grato por tudo o que você fez por mim, desde o mestrado até hoje. O caminho nunca foi fácil e você sempre esteve ao meu lado, me apoiando quando eu precisei, sendo duro e crítico quando eu mereci, mas sempre sendo justo em todas as situações e dizendo sempre o que eu precisava ouvir e não o que eu queria ouvir, muito obrigado por isso. Obrigado por não ter desistido de mim quando você soube que não continuaria mais na UFPR e por ter me dado a oportunidade de escolher se eu queria ou não continuar como seu orientado. Obrigado por ter estado a frente de minha orientação no doutorado até onde você aguentou; por mais que você chegue a pensar que talvez não estivesse me ajudando tanto quanto gostaria, saiba que você fez a diferença. Quero que fique explícito para quem quiser ler que não tenho nenhum tipo de sentimento negativo em relação a você por ter deixado a minha orientação no doutorado; sei de tudo o que aconteceu para você ter tomado essa decisão, decisão essa que sempre entendi, aceitei e respeitei. Obrigado por ter me apresentado o Rodrigo e por ter conversado com ele sobre me orientar, ele foi incrível. Finalmente, obrigado por ser sempre, além de uma inspiração profissional, um grande amigo.

Aos amigos de pós-graduação, Me. Pedro O. Calixto e Dr. Lucas B. Crivellari. Por todas as conversas (científicas ou não), pelas risadas, por me ajudarem com estatísticas e gráficos da tese, etc. Enfim, obrigado por estarem sempre presentes quando precisei.

A todos que me acompanharam em campo. Foram tantas pessoas que me acompanharam ao longo de 24 idas à campo que, para não correr o risco de ser injusto e esquecer de citar alguém, deixo aqui meu agradecimento de maneira geral. Se você está lendo isto e esteve presente no

campo comigo, saiba que sua presença foi de fundamental importância para a realização deste trabalho. Muito obrigado mesmo pelo seu tempo e sua ajuda no campo.

Aos doutores Emygdio L. A. Monteiro-Filho, Gledson V. Bianconi e Rogério P. Bastos. Sou grato a vocês por terem sido minha comissão de acompanhamento durante o desenvolvimento da tese, por toda a experiência que me transmitiram através de reuniões e relatórios e por tudo o que agregaram neste trabalho.

Aos funcionários do Parque Estadual de Vila Velha. Muito obrigado por todo suporte logístico e pela permissão de uso do alojamento durante as idas para o campo.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Pela bolsa concedida durante o período do doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Paraná. Por me concederem uma vaga no programa após ter sido aprovado no processo seletivo.

A toda minha família. Por todo apoio que mantiveram desde o mestrado até aqui. Pelo amor e carinho que sempre me deram. Por aceitarem dividir todo o amor e carinho que tenho por eles com os sapos, rãs e pererecas. Por sempre compreenderem o meu desejo de estar no mato a noite, sob qualquer condição climática, procurando por esses bichos e achando isso a melhor coisa do universo, por mais absurdo que isso possa parecer. Amo vocês, muito obrigado por tudo.

“A imaginação é mais importante que o conhecimento. O conhecimento é limitado, enquanto a imaginação abraça o mundo inteiro, estimulando o progresso, dando luz à evolução. Ela é, rigorosamente falando, um fator real na pesquisa científica. ”

Albert Einstein – *Sobre Religião Cósmica e Outras Opiniões e Aforismos* (1931)

RESUMO

Para os anuros, utilizar os recursos espacial e acústico é de extrema importância. Com estes recursos como base, esta tese foi estruturada em três capítulos. Capítulos 1 e 2 utilizaram dados populacionais de *Dendropsophus minutus*. Estes capítulos, respectivamente, tiveram como objetivos gerais verificar: a distribuição espacial de *D. minutus* durante ano e em diferentes áreas; e a degradação e atenuação acústica na vocalização desta espécie em diferentes distâncias de diferentes áreas. O capítulo 3 utilizou dados de comunidades e seu objetivo geral foi verificar a diversidade acústica em anuros. Os dados da tese foram coletados no Parque Estadual de Vila Velha, Paraná. Nos capítulos 1 e 2, foram amostrados seis ambientes reprodutivos, três em área de campos naturais e três em área de floresta com Araucária. No capítulo 3, além destes seis ambientes, foram amostrados três ambientes na borda entre os campos e a floresta. No capítulo 1, foram coletados dados de: abundância, temperatura, umidade, velocidade do vento, luminosidade lunar e altura do sítio de vocalização. Foram realizadas análises de similaridade (ANOSIM) e de correlação. Os resultados mostraram que, durante o ano e em diferentes áreas, existe variação na distribuição espacial de *D. minutus*. Em ambas áreas, a altura do sítio de vocalização foi correlacionada com a temperatura. Entretanto, apenas nos campos naturais, a altura do sítio de vocalização foi correlacionada com a luminosidade lunar. Isto pode indicar, ocorrência de fobia lunar nesta espécie. No capítulo 2, foram gravadas vocalizações de *D. minutus* a uma distância de 1m nos campos naturais e na floresta com Araucária. Essas vocalizações foram submetidas a um experimento de playback em diferentes distâncias nestas áreas: 2m, 4m, 6m, 8m e 10m. Nas seis distâncias foi coletado tipo, altura e porcentagem de vegetação. Foram realizadas ANOSIM, testes de normalidade, homogeneidade e de Kruskal-Wallis, e análise de componentes principais e de covariância. Os resultados indicaram ocorrência de atenuação e degradação acústica na vocalização de *D. minutus*. A atenuação foi mais evidente nos campos naturais e a degradação mais evidente na floresta com Araucária. Tipos e porcentagem da vegetação influenciaram a degradação na duração do canto, na amplitude de frequência e nas frequências mínima e máxima. No capítulo 3, foi coletada riqueza, abundância e vocalizações de anúncio das espécies. Foram aplicados índice de Shannon (H'), Índice de Diversidade Acústica (ADI) e modelo linear generalizado (GLM). Riqueza, abundância e ADI foram maiores na floresta com Araucária. Para riqueza e abundância, isto pode ser atribuído à estabilidade dos ambientes florestais e a presença de micro-habitats utilizados para reprodução. O GLM indicou que o número de faixas de frequência ocupadas pelas vocalizações influenciou o ADI. Um maior número de faixas ocupadas, gera maior diversidade acústica. Ao menos três fatores podem explicar isto: espécies com vocalizações de alta frequência, influencia ambiental nas frequências e distribuição das proporções de sinais acústicos entre faixas de frequência. O índice H' foi maior nos campos naturais. Isto pode estar associado ao favorecimento de espécies generalistas nestas áreas e a importância destas espécies para o índice H' .

Palavras-chave: Recurso espacial. Recurso acústico. Sazonalidade. Processos acústicos. Índice de Diversidade Acústica. Anfíbios dos Campos Gerais.

ABSTRACT

For anurans, using spatial and acoustic resources is extremely important. With these resources as a basis, this thesis was structured in three chapters. Chapters 1 and 2 used population data of *Dendropsophus minutus*. These chapters, respectively, had as general objectives to verify: the spatial distribution of *D. minutus* during the year and in different areas, and; the acoustic degradation and attenuation in the vocalization of this species at different distances of different areas. Chapter 3 used community data and its general objective was to verify acoustic diversity in anurans. The data of the thesis were collected in the State Park of Vila Velha, Paraná. In chapters 1 and 2, six reproductive environments were sampled, three in the natural field area and three in the Araucária forest area. In chapter 3, in addition to these six environments, three environments were sampled on the edge between the fields and the forest. In chapter 1, were collected: abundance, temperature, humidity, wind speed, lunar luminosity and height of the vocalization site. Analyses of similarity (ANOSIM) and correlation were performed. The results showed that, during the year and in different areas, there is variation in the spatial distribution of *D. minutus*. In both areas, the height of the vocalization site was correlated with temperature. However, only in the natural fields, the height of the vocalization site was correlated with the lunar luminosity. This may indicate, occurrence of lunar phobia in this species. In chapter 2, vocalizations of *D. minutus* were recorded at a distance of 1m in the natural fields and in the Araucária forest. These vocalizations were submitted to a playback experiment at different distances in these areas: 2m, 4m, 6m, 8m and 10m. At six distances, type, height and percentage of vegetation were collected. ANOSIM, normality, homogeneity and Kruskal-Wallis tests, and analysis of principal components and covariance were performed. The results indicated the occurrence of acoustic attenuation and degradation in the vocalization of *D. minutus*. The attenuation was more evident in the natural fields and the degradation was more evident in the Araucaria forest. Types and percentage of vegetation influenced degradation in call duration, frequency range, and minimum and maximum frequencies. In chapter 3, richness, abundance and advertisement vocalizations of the species were collected. Shannon index (H'), Acoustic Diversity Index (ADI) and generalized linear model (GLM) were applied. Richness, abundance and ADI were higher in the Araucaria forest. For richness and abundance, this can be attributed to the stability of forest environments and the presence of micro-habitats used for breeding. The GLM indicated that the number of frequency bands occupied by vocalizations influenced ADI. The greater number of bands occupied, generates greater acoustic diversity. At least three factors can explain this: species with high frequency vocalizations, environmental influence on frequencies and distribution of acoustic signal proportions between frequency bands. The H' index was higher in natural fields. This may be associated to the favoring of generalist species in these areas and the importance of these species to the H' index.

Keywords: Spatial resource; Acoustic resource; Seasonality; Acoustic processes; Acoustical Diversity Index; Amphibians of the Campos Gerais.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	10
<i>Sazonalidade</i>	10
<i>Distribuição espacial</i>	10
<i>Vocalizações</i>	11
<i>População X Comunidade</i>	14
REFERÊNCIAS	15
 CAPÍTULO 1 – Sazonalidade e distribuição espacial de <i>Dendropsophus minutus</i> (Amphibia: Anura): variação e efeito de variáveis climáticas	
RESUMO	25
ABSTRACT	26
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS	29
<i>Localidade de estudo</i>	29
<i>Coleta de dados</i>	30
<i>Análises estatística</i>	32
RESULTADOS	33
DISCUSSÃO	35
CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	39
TABELAS	45
FIGURAS	46
 CAPÍTULO 2 – Atenuação e degradação acústica em <i>Dendropsophus minutus</i> (Amphibia: Anura): ocorrência destes processos em diferentes áreas e efeito do micro-habitat	
RESUMO	51
ABSTRACT	52
INTRODUÇÃO	53
MATERIAL E MÉTODOS	54
<i>Localidade de estudo</i>	54

<i>Coleta de dados</i>	55
<i>Análises estatística</i>	57
RESULTADOS	59
DISCUSSÃO	60
CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	64
FIGURAS	69

CAPÍTULO 3 – Diversidade acústica de anfíbios anuros: a utilização de um índice no componente acústico do grupo	75
RESUMO	76
ABSTRACT	77
INTRODUÇÃO	78
MATERIAL E MÉTODOS	80
<i>Localidade de estudo</i>	80
<i>Coleta de dados</i>	81
<i>Geração de arquivos “.wav”</i>	82
<i>Análises estatísticas</i>	83
RESULTADOS	85
DISCUSSÃO	86
CONCLUSÃO	89
REFERÊNCIAS	90
TABELAS	97
FIGURAS	99
REFERÊNCIAS	111

INTRODUÇÃO GERAL

Estudos com anfíbios anuros demonstraram que as espécies apresentam uma grande variedade de artifícios para utilizar os recursos do ambiente, como por exemplo: a sazonalidade no período reprodutivo, a distribuição espacial no ambiente de reprodução e o uso do espaço acústico, através das vocalizações (e.g. ROSSA-FERES & JIM, 2001; CONTE & MACHADO, 2005; CONTE & ROSSA-FERES, 2007; POMBAL, 2010; FERREIRA *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2016).

Sazonalidade

Para os anuros, a sazonalidade é considerada de extrema importância, uma vez que auxilia na compreensão da distribuição temporal das espécies (PRADO & POMBAL, 2005). Ao longo do ano, a maioria das espécies, ocupa os ambientes de reprodução durante os períodos mais quentes e chuvosos (WELLS, 2007), sendo que este padrão de ocupação está relacionado com condições ambientais como temperatura, umidade e pluviosidade (ODA *et al.*, 2009; SÃO PEDRO & FEIO, 2010; KOPP *et al.*, 2010; FERREIRA *et al.*, 2012; VENÂNCIO *et al.*, 2014). As condições ambientais de um determinado local são capazes de afetar a história de vida dos organismos ali inseridos, além de ser importante na estruturação e regulação das comunidades (WALTHER *et al.*, 2002). Particularmente, para os anfíbios anuros isto se torna inegável, uma vez que variações nessas condições atuam como fator limitante de suas atividades, devido a fisiologia do grupo que é altamente dependente da umidade e da temperatura para manutenção e regulação de seus processos fisiológicos e ecológicos (DUELLMAN & TRUEB, 1994; WELLS, 2007).

Distribuição espacial

Com relação à distribuição espacial, este tema é amplamente estudado para o grupo (e.g.,

CARDOSO *et al.*, 1989; CONTE & ROSSA-FERES, 2007; SÃO PEDRO & FEIO, 2010; FERREIRA *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2016). De maneira que, uma maior complexidade ambiental fornece um maior número de micro-habitats utilizados como sítios de vocalização (CARDOSO *et al.*, 1989) e permite a partilha do recurso espacial e favorece a coexistência das espécies (ROSSA-FERES & JIM, 2001; VASCONCELOS *et al.*, 2009). Além disso, a evolução da ocupação diferenciada desses sítios de vocalização, ocorre depois da diferenciação na vocalização das espécies, pois uma vez a vocalização sendo diferenciada, existe uma maior plasticidade na escolha do sítio de vocalização (ETGES, 1987).

Vocalizações

Sobre a vocalização no grupo, é provável que os anfíbios estejam entre os primeiros vertebrados terrestres capacitados a perceber e captar sinais acústicos. Isso se deve às seguintes evidências morfológicas presentes em fósseis de *Eryops megacephalus*: presença de uma grande cavidade timpânica e de estribo semelhante a uma haste, sugerindo a capacidade de perceber sons de alta frequência (PAWLEY & WARREN, 2006). Sobre a produção das vocalizações é conhecido que os anuros foram os primeiros animais do planeta a produzirem sons de forma não mecânica, a partir do movimento do ar através de uma série de cordas vocais (MATTISON, 1987). A vocalização é um sinal de comportamento social entre as espécies com diversas funções como territorialidade (SCHWARTZ, 1987), reconhecimento entre indivíduos (BEE & GERHARDT, 2002), atração de fêmeas (BASTOS & HADDAD, 1996), percepção da época de chuvas (BARRIO, 1964), alerta e tentativa de evitar predação (TOLEDO & HADDAD, 2009). Dentre estes tipos de vocalização, a de anúncio tem grande importância para o grupo, uma vez que é responsável pela atração de fêmeas durante os períodos de reprodução (WELLS, 2007). Devido a este fato e por ser o canto mais emitido pelos machos, a vocalização de anúncio se

tornou objeto de estudo sobre as interações acústicas inter e intra específicas, sendo que os trabalhos pioneiros com este tipo de canto focaram, principalmente, nas áreas de: reconhecimento entre espécies (LITTLEJOHN & MICHAUD, 1959; GERHARDT, 1988; RYAN & RAND, 1995), seleção sexual (RYAN, 1980;), isolamento reprodutivo (BLAIR, 1956, 1964; LITTLEJOHN, 1965), hibridização (GERHARDT *et al.*, 1980; GIACOMA & CASTELLANO, 2001; PFENNIG & SIMOVICH, 2002), especiação (BLAIR, 1965; SASA *et al.*, 1998) e sinais evolutivos das espécies (RYAN *et al.*, 1990; RYAN & RAND, 1993; GERHARDT, 1994). Trabalhos com finalidades funcionais e sobre efeitos de interações sociais sobre o comportamento de vocalização também foram realizados (e.g., HÖDL, 1977; CARDOSO & HADDAD, 1984; ETGES, 1987; SULLIVAN, 1989; PENNA & VELOSO, 1990) e seus resultados indicaram que a escolha do sítio de vocalização por cada indivíduo contribui para uma melhor dispersão do canto e reduz as interferências acústicas do ambiente (HÖDL, 1977; CARDOSO & HADDAD, 1984; SULLIVAN, 1989) e que diferentes espécies vocalizando em uma mesma assembleia podem atuar como um fator de pressão seletiva, capaz de causar divergências vocais (PENNA & VELOSO, 1990). Posteriormente a esses trabalhos, constatou-se que a disponibilidade de habitats ocupados para a vocalização sofre influência direta da heterogeneidade ambiental (VASCONCELOS & ROSSA-FERES, 2008) e que as características ambientais, como por exemplo a temperatura, são capazes de exercer influência sobre a estruturação dos parâmetros que compõem os cantos (BEVIER *et al.*, 2008). Além disso, os parâmetros que compõem os cantos estão sujeitos a dois processos acústicos: a atenuação e a degradação acústica (WILEY & RICHARDS, 1978), capazes de atuar tanto nos parâmetros espectrais, quanto nos parâmetros temporais (FENG & SCHUL, 2006). A degradação é caracterizada como uma modificação ocorrente na estrutura do sinal acústico, enquanto a

atenuação se caracteriza pela perda de intensidade neste sinal (RYAN & KIME, 2002).

Conforme demonstrado anteriormente, há um vasto conhecimento adquirido ao longo dos anos sobre a influência da sazonalidade, a distribuição espacial e o componente acústico de anfíbios anuros. Apesar desse conhecimento gerado, há ainda localidades que carecem de estudos sobre estes temas, como por exemplo, a região dos Campos Gerais, no Estado do Paraná.

Esta região é composta por ambientes naturalmente fragmentados, que se alterna entre os capões de Floresta Ombrófila Mista (FOM), campos naturais (estepes), afloramentos de formações rochosas e matas de galeria (MAACK, 2012). Apesar de sua fitofisionomia ser única, no que se refere à associação de campos com FOM, os Campos Gerais são um dos ecossistemas mais ameaçados no país devido as altas taxas de aumento de atividades antrópicas e a baixa representatividade de áreas protegidas (ROCHA, 2006), o que torna de suma importância o aumento no número de estudos com anuros na região, buscando compreender a dinâmica das espécies inseridas neste ecossistema. As pesquisas com o grupo são, em sua maioria, muito recentes e tratam, principalmente, de inventários e diversidade de espécies (e.g., CRIVELLARI *et al.*, 2011, 2014, 2016; FOERSTER, 2014; MELLO, 2015; FOERSTER & CONTE, 2018).

Apesar do esforço já exercido na pesquisa com anuros na região, algumas questões ainda permanecem sem respostas, como por exemplo: a sazonalidade das variáveis climáticas exerce influência na distribuição espacial das espécies, tal como exerce na composição das comunidades de anfíbios em geral; e se exerce, como isso ocorre? Como ocorrem os processos acústicos de degradação e atenuação acústica em ambientes naturalmente fragmentados? Ambientes que possuem uma maior riqueza e/ou uma maior diversidade de espécies também apresentam a maior diversidade acústica ou há um outro fator capaz de determinar esta diversidade? Para obter as respostas de tais perguntas, a presente tese foi dividida em três capítulos:

Capítulo 1: Sazonalidade e distribuição espacial de *Dendropsophus minutus* (Amphibia: Anura): variação e influência da temperatura e da luminosidade lunar.

Capítulo 2: Atenuação e degradação acústica em *Dendropsophus minutus* (Amphibia: Anura): ocorrência destes processos em diferentes áreas e efeito do micro-habitat.

Capítulo 3: Diversidade acústica de anfíbios anuros: a utilização de um índice no componente acústico do grupo.

População X Comunidade

A atuação da ecologia parte de uma amplitude de escalas: temporal, espacial e “biológica”; sendo que, esta última, é estruturada em níveis como por exemplo: populações e comunidades (BEGON *et al.*, 2007).

Tradicionalmente, populações são definidas com um grupo de organismos pertencentes à mesma espécie (e.g. PIANKA, 1994; BEGON *et al.*, 2007; TOWNSEND *et al.*, 2010). Entretanto o que constitui uma população, contudo, depende, entre outras coisas, do objetivo do estudo; assim os limites de população podem ser determinados pelo propósito ou conveniência do pesquisador (TOWNSEND *et al.*, 2010).

Já as comunidades podem ser definidas como populações de diferentes espécies co-ocorrendo no espaço e no tempo, interligadas por suas relações ecológicas (BEGON *et al.*, 2007; TOWNSEND *et al.*, 2010)

Deste modo, na presente tese, foi considerado como população indivíduos de uma espécie ocupando uma determinada área, sendo definida a presença de duas populações: uma inserida em área de campos naturais e outra em área de floresta com Araucária. Como comunidade foram consideradas populações das diferentes espécies de anuros que ocorreram em diferentes áreas: campos naturais, floresta com Araucária e borda entre os campos e a floresta.

Para os capítulos 1 e 2, foram analisados dados populacionais de *Dendropsophus minutus*. O uso específico desta espécie nos capítulos em questão se deu pelos seguintes fatos: a) é uma espécie amplamente distribuída pelo Brasil (e.g., BERNARDE, 2007; LOEBMANN & MAI, 2008; ILHA & DIXO, 2010; QUINTELA et al., 2010; PALMEIRA & GONÇALVES, 2015; BENÍCIO & SILVA, 2017); b) com registros para os Campos Gerais (CRIVELLARI et al., 2011, 2014; MELLO, 2015; FOERSTER & CONTE, 2018); c) que apresenta elevada abundância, (OLIVEIRA et al., 2007; KOPP et al., 2010; MAFFEI et al., 2011; CRIVELLARI et al., 2014); e d) que possui registros de ocorrência e de vocalização para, praticamente, todos os meses do ano (OLIVEIRA et al., 2007; KOPP et al., 2010; MAFFEI et al., 2011; FOERSTER & CONTE, 2018). Estas evidências permitem verificar a relação entre a sazonalidade das variáveis ambientais e sua distribuição espacial, além de obter gravações acústicas da espécie.

REFERÊNCIAS

- BARRIO A. (1964) Importancia, significación y análisis del canto de batracios anuros. *Publicación Museo Provincial Ciencias Naturales "F. Ameghino"*. 51–79.
- BASTOS, R.P. & HADDAD, C.F.B. (1996) Breeding activity of the Neotropical treefrog *Hyla elegans* (Anura, Hylidae). *Journal of Herpetology*. 30, 355–360.
- BEE, M.A. & GERHARDT, H.C. (2002) Individual voice recognition in a territorial frog (*Rana catesbeiana*). *Proceedings of the Royal Society of London Series B*. 269, 1443–1448.
- BEGON, M., TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. (2007) *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Artmed, Porto Alegre, 732 pp.
- BENÍCIO, R.A. & SILVA, F.R. (2017) Notes on an unusual position of calling site of *Dendropsophus minutus* (Peters, 1872) (Anura: Hylidae), northeastern São Paulo, Brazil.

Herpetology Notes. 10, 421–423.

BERNARDE, P.S. (2007) Ambientes e temporada de vocalização da anurofauna no município de Espigão do Oeste, Rondônia, Sudoeste da Amazônia - Brasil (Amphibia: Anura). *Biota Neotropica*. 7(2), 87–92

BEVIER, C.R., GOMES, F.R. & NAVAS, A.C. (2008) Variation in call structure and calling behavior in treefrogs of the genus *Scinax*. *South American Journal of Herpetology*. 3(3), 196–206.

BLAIR, W.F. (1956) Call difference as an isolation mechanism in southwestern toads (genus *Bufo*). *Texas Journal of Science*. 8, 87–106.

BLAIR, W.F. (1964) Isolating mechanisms and interspecies interactions in anuran amphibians. *Quarterly Review Biology*. 39, 334–344.

BLAIR, W.F. (1965) Amphibian speciation. In: Wright, H. E. and Frey, D. G. (Eds.), *The Quaternary of the United States*. Princeton University Press.

CARDOSO, A.J. & HADDAD, C.F.B. (1984) Variabilidade acústica em diferentes populações e interações agressivas de *Hyla minuta* (Amphibia, Anura). *Ciência e Cultura*. 36, 1393–1399.

CARDOSO, A.J., ANDRADE, G.V. & HADDAD, C.F.B. (1989) Distribuição espacial em comunidades de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*. 49, 241–249.

CONTE, C.E. & MACHADO, R.A. (2005) Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade de Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 22(4), 940–948.

CONTE, C.E. & ROSSA-FERES, D.C (2007) Riqueza e distribuição espaço-

temporal de anuros em remanescentes de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*. 24(4), 1025–1037.

CRIVELLARI, L.B., CONTE, C.E. & ROSSA-FERES, D.C. (2011) Riqueza de anfíbios (Amphibia: Anura) dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. *In*: Carpanezzi, O.T.B. & Campos, J.B. (Eds.) *Coletânea de pesquisas: Parques Estaduais de Vila Velha, Guartelá e Cerrado*. IAP, Curitiba, pp. 94–97.

CRIVELLARI, L.B., LEIVAS, P.T., LEITE, J.C.M., GONÇALVES, D.S., MELLO, C.M., ROSSA-FERES, D.C. & CONTE, C.E. (2014) Amphibians of grasslands in the state of Paraná, southern Brazil (*Campos Sulinos*). *Herpetology Notes*. 7, 639–654.

CRIVELLARI, L.B., MELLO, C.M. & CONTE, C.E. (2016) O papel integrado do grau de conservação e da heterogeneidade de habitats na formulação de estratégias de conservação dos anfíbios da floresta com araucária. *In* Araujo, S.C.D.B. (Ed.) *Anais do 1º seminário de pesquisas do Parque Nacional do Campos Gerais e da Reserva Biológica das Araucárias*. ICMBio, Ponta Grossa, pp. 128–131.

DUELLMAN, W.E. & TRUEB, L. (1994) *Biology of Amphibians*. Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 670 pp.

ETGES, W.J. (1987) Call site choice in male anurans. *Copeia*. 910–923.

FENG, A.S. & SCHUL, J. (2006) Sound processing in real-world environments. *In* Narins, P.M. *et al.* (Eds.) *Hearing and Sound Communication in Amphibians*. Springer, New York, pp. 323–350.

FERREIRA, R.B., DANTAS, R.B. & TONINI, J.F.R. (2012) Distribuição espacial e sazonal de anfíbios em quatro poças na região serrana do Espírito Santo, sudeste do Brasil: influência de corredores florestais. *Iheringia, Série Zoologia*. 102(2), 163–169.

FOERSTER, N.E. (2014) Partilha acústica, uso do sítio de vocalização e influência da heterogeneidade ambiental em uma taxocenose de anuros em um remanescente de floresta ombrófila mista. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Paraná.

FOERSTER, N.E. & CONTE, C.E. (2018) Anuran diversity in an Araucaria Forest fragment and associated grassland area in a sub-tropical region in Brazil. *Herpetology Notes*. 11, 421–428.

GERHARDT, H.C. (1988) Acoustic properties used in call recognition by frogs and toads. In Fritzsch, B. *et al.* (Eds.) *The evolution of the amphibian auditory system*. John Wiley and Sons, Inc., New York.

GERHARDT, H.C., GUTTMAN, S.I. & KARLIN, A.A. (1980) Natural hybrids between *Hyla cinerea* and *Hyla gratiosa*: morphology, vocalization and electrophoretic analysis. *Copeia*. 1980(4), 577–584.

GIACOMA, C. & CASTELLANO, S. (2001) Advertisement call variation and speciation in the *Bufo viridis* complex. In: RYAN, M. (Ed.), *Anuran communication*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 205–219.

HÖDL, W. (1977) Call differences and calling site segregation in anuran species from central Amazonian floating meadows. *Oecologia*. 28, 351–363.

ILHA, P. & DIXO, M. (2010) Anurans and lizard, Rio Preto da Eva, Amazonas, Brazil. *Checklist*. 6(1), 17–21.

KOPP, K., SIGNORELLI, L. & BASTOS, R.P. (2010) Distribuição temporal e diversidade de modos reprodutivos de anfíbios anuros no Parque Nacional das Emas e entorno, estado de Goiás, Brasil. *Iherigia, Série Zoologia*. 100(3), 192–200.

LITTLEJOHN, M.J. (1965) Premating isolation in the *Hyla ewingi* complex (Anura:

Hylidae). *Evolution*. 19, 234–343.

LITTLEJOHN, M.J. & MICHAUD, T.C. (1959) Matting call discrimination by females of Strecker's chorus frog (*Pseudacris streckeri*). *Texas Journal of Science*. 11, 86–92.

LOEBMANN, D. & MAI, A.C.G. (2008) Amphibia, Anura, Costal Zone, state of Piauí, Northeastern Brazil. *Checklist*. 4(2), 161–170.

MAACK, R. (2012) *Geografia física do estado do Paraná*. Editora UEPG, Ponta Grossa, 562 pp

MAFFEI, F., UBAID, F.K. & JIM, J. (2011) Anurofauna em área do cerrado aberto no município de Borebi, estado de São Paulo, Sudeste do Brasil: uso do habita, abundância variação sazonal. *Biota Neotropica*. 11(2), 221–233.

MATTISON, C. (1987) *Frogs and toads of the world*. Colorcraft Ltd., Hong Kong. 191 pp.

MELLO, C.M. (2015) Diversidade e segregação espacial e acústica de anfíbios anuros nos campos naturais associados à floresta com araucária. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Paraná.

ODA, F.H., BASTOS, R.P. & LIMA, M.A.C.S. (2009) Taxocenose de anfíbios anuros no Cerrado do Alto Tocantins, Niquelândia, Estado de Goiás: diversidade, distribuição local e sazonalidade. *Biota Neotropica*. 9(4), 219–232.

OLIVEIRA, E.F., FEIO, R.N. & MATTA, S.L.P. (2007) Aspectos reprodutivos de *Dendropsophus minutus* (Peters, 1872), no município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*. 54(313), 230–238.

PALMEIRA, C.N.S. & GONÇALVES, U. (2015) Anurofauna de uma localidade na

Mata Atlântica setentrional, Alagoas, Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*. 37, 149–171.

PAWLEY, K. & WARREN, A.A. (2006) The appendicular skeleton of *Eryops megacephalus* COPE, 1877 (Amphibia: Temnospondyli) from the Lower Permian of North America. *Journal of Paleontology*. 80, 561–580.

PENNA, M. & VELOSO, A. (1990) Vocal diversity in frogs of the South American temperate forest. *Journal of Herpetology*. 24, 23–33.

PEREIRA, E.N., LIRA, C.S. & SANTOS, E.M. (2016) Ocupação, distribuição espacial e sazonal dos anfíbios anuros, em fragmento de Mata Atlântica. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*. 7(2), 70–83.

PFENNIG, K.S. & SIMOVICH, M.A. (2002) Differential selection to avoid hybridization in two toad species. *Evolution*. 56, 1840–1848.

PIANKA E. (1994) *Evolutionary Ecology*. Haper Collins College Publishers, New York, 486 pp.

POMBAL JR., J.P. (2010) O espaço acústico em uma taxocenose de anuros (Amphibia) do Sudeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*. 135–144.

PRADO, G.M. & POMBAL JR., J.P. (2005) Distribuição espacial e temporal dos anuros em um brejo da Reserva Biológica de Duas Bocas, Sudeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*. 63(4), 685–705.

QUINTELA, F.M., PINHEIRO, R.M. & LOEBMANN, D. (2010) Composição e uso do habitat pela herpetofauna em uma área de mata paludosa da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, extremo sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*. 9(1), 6–11.

ROCHA, C.H. (2006) Seleção de áreas prioritárias para a conservação em paisagens

fragmentadas: estudo de caso nos Campos Gerais, do Paraná. *Natureza & Conservação*. 4(2), 77–99.

ROSSA-FERES, D.C. & JIM, J. (2001) Similaridade do sítio de vocalização em uma comunidade de anfíbios anuros na região noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 18, 439–454.

RYAN, M.J. (1980) Female mate choice in a Neotropical frog. *Science*. 209, 523–525.

RYAN, M.J. & KIME, N.M. (2002) Selection on long-distance acoustic signals. In: Simmons, A.M. *et al.* (Eds.) *Acoustic communication*. Springer, New York, pp. 225–274

RYAN, M.J. & RAND, A.S. (1993) Phylogenetic patterns of behavioral mate recognition systems in the *Physalaemus pustulosus* species group (Anura: Leptodactylidae): the role of ancestral and derived characters and sensory exploitation. *Linnean Society Symposium Series*. 14, 251–267.

RYAN, M.J. & RAND, A.S. (1995) Female responses to ancestral advertisement calls in the tungara frog. *Science*. 269, 390–392.

RYAN, M.J., FOX, J.H., WILCZYNSKI, W. & RAND, A.S. (1990) Sexual selection for sensory exploitation in the frog *Physalaemus pustulosus*. *Nature*. 343, 66–67.

SÃO PEDRO, V.A. & FEIO, R.N. (2010) Distribuição espacial e sazonal de anuros em três ambientes na Serra do Ouro Branco, extremo sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *Biotemas*. 23(1), 143–154

SASA, M.M., CHIPPINDALE, P.T. & JOHNSON, N.A. (1998) Patterns of postzygotic isolation in frogs. *Evolution*. 52, 1811–1820.

SCHWARTZ, J.J. (1987) The function of call alternation in anuran amphibians: a

test of three hypotheses. *Evolution*. 41, 461–471.

SULLIVAN, B.K. (1989) Interpopulational variation in vocalizations of *Bufo woodhousii*. *Journal of Herpetology*. 23, 368–373.

TOLEDO, L.F. & HADDAD, C.F.B. (2009) Defensive vocalizations of neotropical anurans. *South American Journal of Herpetology*. 4(1), 25–42.

TOWNSEND, C.R., BEGON, M. & HARPER J.L. (2010) *Fundamentos em Ecologia*. Artmed, Porto Alegre, 576 pp.

VASCONCELOS, T.S. & ROSSA-FERES, D.C. (2008) Habitat heterogeneity and use of physical and acoustic space in anuran communities in Southeastern Brazil. *Phyllomedusa*. 7, 127–142.

VASCONSELOS, T.S., SANTOS, T.G., ROSSA-FERES, D.C. & HADDAD, C.F.B. (2009) Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*. 87, 699–707.

VENÂNCIO, N.M., LIMA, A.P., SOUZA, M.B. & MAGNUSSON, W.E. (2014) Between-year consistency of anuran assemblages in temporary ponds in a deforested area in Western Amazonia. *Herpetological Journal*. 24, 155–160.

WALTHER, G., POST, E., CONVEY, P., MENZEL, A., PARMESAN, C., BEEBEE, T.J.C., FROMENTIN, J., HOEGH, O. & BAIRLEIN, F. (2002) Ecological responses to recent climate change. *Nature*. 416, 389–395.

WELLS, K.D. (2007) *The ecology and behavior of amphibians*. The University of Chicago Press, Chicago, 1400 pp.

WILEY, R.H. & RICHARDS, D.G. (1978) Physical constraints on acoustic communication in the atmosphere: implications for the evolution of animal vocalization.

Behavioral, Ecology and Sociobiology. 3, 69–94.

CAPÍTULO 1[†]

Sazonalidade e distribuição espacial de *Dendropsophus minutus* (Amphibia: Anura): variação e efeito de variáveis climáticas

CAIO MARINHO MELLO^{a, b, *}, CARLOS EDUARDO CONTE^{c, d} & RODRIGO LINGNAU^{a, e}

^a Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoologia. Centro Politécnico, CEP 19020, 81531-980 Curitiba, PR, Brasil

^b Grupo de Pesquisa Bioacústica, Ecologia e Comportamento Animal – BECA.

^c Instituto Neotropical: Pesquisa e Conservação. Rua Purus nº 33, CEP 82520-750, Curitiba, PR, Brasil.

^d Criadouro Onça Pintada. Estrada do Pocinho, nº 500, CEP 834360-000, Campinha Grande do Sul, PR, Brasil.

^e Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão, Linha Santa Bárbara, s/n, 85601-970, Francisco Beltrão, PR, Brasil

* Autor para correspondência. E-mail: caio.bio2009@hotmail.com

[†] Capítulo formatado conforme as normas da revista *Journal of Natural History*, seguindo as instruções da seção “Instructions for authors” disponíveis em:
<https://www.tandfonline.com/action/authorSubmission?journalCode=tnah20&page=instructions>

RESUMO

Estudos sobre o uso do recurso espacial por anuros auxiliaram a compreender como diferentes espécies coexistem em determinados ambientes. Entretanto, os resultados obtidos trazem uma abordagem geral da distribuição espacial das espécies no contexto ecológico de comunidade. Sendo que, são poucas as informações sobre a distribuição espacial de populações ao longo do ano, ocorrência de variação sazonal nesta distribuição e influência de variáveis ambientais. Assim, o presente estudo verificou a distribuição espacial em populações de *Dendropsophus minutus*. Além de buscar por diferenças na distribuição espacial (a) ao longo do ano e (b) em diferentes áreas e por (c) influência de variáveis climáticas na distribuição espacial. Os dados foram coletados durante 24 fases durante 12 meses. Foram amostrados seis ambientes de reprodução, sendo três inseridos em área de campos naturais e três em área de floresta com Araucária. Como variável de sítio de vocalização, foi utilizada a altura em relação ao solo. Para as variáveis climáticas foram coletados dados de: temperatura, umidade, luminosidade lunar e velocidade do vento. Ao fim das 24 fases, foram medidas a altura do sítio de vocalização de 842 indivíduos. Ao longo do ano houve diferença na altura do sítio de vocalização de *D. minutus*. Dentre os meses do período quente e chuvoso, dezembro foi o que teve a maior média de altura (60cm), já entre os meses do período frio e seco, maio e julho tiveram maior média de altura (13cm). Também houve diferença na altura do sítio de vocalização entre as áreas onde os ambientes estavam inseridos. Indivíduos em área de floresta com Araucária ocuparam altura média de 37cm, enquanto os indivíduos em área de campos naturais ocuparam altura média de 31cm. Em ambas áreas onde os ambientes estavam inseridos, a altura do sítio de vocalização foi correlacionada com a temperatura, onde machos ocupam sítios de vocalização mais altos no verão, e mais próximos ao solo no inverno. Entretanto, apenas em áreas de campos naturais, a altura do sítio de vocalização foi correlacionada com a luminosidade lunar. Isto pode indicar, possivelmente, ocorrência de fobia lunar por parte da espécie.

Palavras-chave: Sítio de vocalização; Floresta com Araucária; Campos naturais; Altura do micro-habitat; Fobia lunar.

ABSTRACT

Studies on the use of spatial resources by anurans have helped to understand how different species coexist in certain environments. However, the results obtained bring a general approach of the species spatial distribution in the ecological context of community. There are few information on the spatial distribution of populations throughout the year, occurrence of seasonal variation in this distribution and influence of environmental variables. Thus, the present study verified the spatial distribution in populations of *Dendropsophus minutus*. In addition, we searched for differences in spatial distribution (a) throughout the year and (b) in different areas and (c) influence of environmental variables on spatial distribution. The data were collected during 24 phases during 12 months. Six breeding environments were sampled, three of which were located in an area of natural fields and three in an Araucaria forest area. As a vocalization site variable was used height in relation to the ground. For the climatic variables, were collected data of temperature, humidity, lunar luminosity and wind speed. At the end of the 24 phases, the height of the vocalization site of 842 individuals was measured. There was a difference in the height of the vocalization site of *D. minutus*. Among the months of the warm and rainy season, December had the highest average height (60cm), between the months of the cold and dry period, May and July had the highest average height (13cm). There was also a difference in the height of the vocalization site between the areas where the environments were inserted. Individuals in the Araucaria forest area occupied an average height of 37cm, while individuals in an area of natural fields occupied an average height of 31cm. In both areas where the environments were inserted, the height of the vocalization site was correlated with temperature, where males occupy higher vocalization sites in the summer and closer to the ground in winter. However, only in areas of natural fields, the height of the vocalization site was correlated with the lunar luminosity. This may indicate, possibly, occurrence of lunar phobia by the species.

Keywords: Calling site; Araucaria forest; Natural fields; Height of the microhabitat; Lunar Phobia.

INTRODUÇÃO

Durante o período reprodutivo, os indivíduos de diversas espécies de anuros se agregam em ambientes reprodutivos formando coros (Bastos & Haddad 1996, 1999). Nesses coros, os machos destas espécies se distribuem espacialmente ocupando diferentes sítios, onde vocalizam com o intuito de atrair fêmeas para a reprodução (Duellman & Trueb 1994; Wells 2007). Esse comportamento de distribuição espacial das espécies, é um tema frequentemente abordado pelos pesquisadores (Cardoso et al. 1989; Rossa-Feres & Jim 2001; Conte & Rossa-Feres 2007; Vasconcelos & Rossa-Feres 2008; Ferreira et al. 2012; Pereira et al. 2016). De modo que, o uso diferenciado do recurso espacial permite a coexistência das espécies em um determinado ambiente (Cardoso et al. 1989), principalmente durante os períodos mais quentes e úmidos que correspondem ao período reprodutivo da maioria das espécies (Wells 2007).

Especificidades necessárias para a vocalização e oviposição exigem características específicas dos ambientes reprodutivos, deste modo ocorre a segregação espacial entre as espécies (Cardoso et al. 1989; Pombal 1997, 2010). Neste processo as espécies ocupam micro-habitats específicos, que variam em relação aos componentes altura (em relação ao solo) e distância (em relação à margem do corpo d'água) (e.g., Conte & Machado 2005; Vasconcelos & Rossa-Feres 2005; Conte & Rossa-Feres, 2007). Assim, a segregação espacial entre as espécies é determinada de acordo com a complexidade do ambiente reprodutivo, sendo que ambientes mais simples apresentam menos segregações do que ambientes mais complexos (Cardoso et al. 1989).

Ainda que muitos trabalhos tragam essa abordagem sobre o uso do recurso espacial, os resultados representam como as espécies da comunidade estão distribuídas espacialmente no habitat de uma maneira geral (Rossa-Feres & Jim 2001; Conte & Machado 2005; Conte & Rossa-Feres 2007; Ferreira et al. 2012; Pereira et al. 2016), carecendo de informações que

possam responder: populações ecológicas apresentam variação sazonal no uso do recurso espacial? Caso ocorra, essa variação no uso do recurso espacial apresenta uma relação com alguma variável ambiental?

A sazonalidade das espécies de anuros sendo influenciada por variáveis climáticas, como temperatura e umidade relativa, é amplamente conhecida na literatura (e.g., Toledo et al. 2003; Conte & Machado 2005; Vasconcelos & Rossa-Feres 2005; Santos et al. 2007; Kopp et al. 2010; Ferreira et al. 2012; Pereira et al. 2016; França et al. 2017). Entretanto, a influência dessas variáveis e até mesmo outras como a velocidade do vento e a luminosidade lunar sobre a distribuição espacial das espécies ao longo do ano, ainda não está esclarecida. Prado & Pombal (2005) apresentam resultados que mostram que algumas espécies, na presença de ventos mais fortes ocupam posições mais baixas na vegetação. Entretanto não é relatado se a altura dos indivíduos medidos nos sítios de vocalização e a intensidade do vento apresentaram variação mensal ao longo do período de coleta. Com relação ao efeito da lua, sabe-se que o ciclo lunar apresenta influências diretas em anfíbios anuros, por exemplo: durante a lua cheia, fêmeas de *Duttaphrynus melanostictus*, apresentaram as maiores taxas de ovulação (Church, 1960); as taxas de locomoção de *Bufo americanus* foram reduzidas durante períodos de ocorrência de lua cheia (Fitzgerald & Bider 1974); eventos de desova, chegada à poça e quantidade de amplexos registrados apresentaram maior frequência de ocorrência durante a lua cheia para *Bufo bufo* e *Rana temporaria* em três localidades distintas do Hemisfério Norte (Grant et al. 2009). Porém, mesmo com 79 publicações demonstrando como o ciclo lunar afeta os anfíbios (Grant et al. 2012), não se sabe, de maneira direta e quantitativa, se a intensidade de luz lunar afeta a distribuição espacial.

Sendo assim, o presente trabalho, utilizando a espécie neotropical *Dendropsophus minutus*, buscou preencher lacunas no conhecimento, respondendo questões como: existe variação intra-populacional na distribuição espacial ao longo do ano e ao longo de diferentes áreas? As mesmas variáveis que influenciam aspectos como a distribuição temporal das espécies e sua reprodução podem influenciar, também, em sua distribuição espacial ao longo do ano? De modo que, o objetivo geral foi verificar a distribuição espacial de *D. minutus* ao longo do ano e em diferentes áreas a partir do componente espacial altura do sítio de vocalização em relação ao solo. Além disso, buscou-se: (a) verificar se existe diferença na distribuição espacial de *D. minutus* ao longo do ano, tendo como base a altura do sítio de vocalização em relação ao solo; (b) verificar se existe diferença na distribuição espacial de *D. minutus* em diferentes áreas (campos naturais e Floresta com Araucária); (c) verificar se existe influência de variáveis ambientais no uso do componente espacial altura do sítio de vocalização por *D. minutus*.

MATERIAL E MÉTODOS

Localidade de estudo

Os dados foram coletados na unidade de conservação (UC) Parque Estadual de Vila Velha (PEVV; 25°13'S, 50°01'W – Figura 1A). Com uma área total de 3.803 ha, está localizado no município de Ponta Grossa – PR, Brasil, região do Segundo Planalto Paranaense. Apresenta uma fitofisionomia composta por Floresta Ombrófila Mista (= Floresta com Araucária) associada aos campos naturais (Maack 2012). O clima da região do PEVV é Cfb de Köppen, subtropical mesotérmico, úmido, sem estação seca definida, com verões frescos, com média do mês mais quente inferior a 22 °C e média no mês mais frio inferior a 18°C. Apresenta uma média anual de 1.554 mm de precipitação, com a estação chuvosa ocorrendo entre setembro e fevereiro, porém podem ocorrer períodos secos de curta duração durante os meses de novembro e início de

dezembro; o mês de janeiro é o mais chuvoso com média de 168 mm, enquanto que agosto é o mês mais seco do ano na unidade com média de 78 mm (IAP 2004).

Coleta de dados

Foram selecionados, com distância mínima entre si de 400 m, seis ambientes de reprodução na UC (Figura 1B; Tabela 1) sendo: três ambientes inseridos em área de campos naturais (CN1, CN2 e CN3) e três ambientes inseridos em área de Floresta com Araucária (FA1, FA2 e FA3). A descrição de cada ambiente (Tabela 1) foi feita com base nos seguintes descritores ambientais, adaptado de Crivellari (2016):

- Tamanho: o comprimento e a largura foram medidos em metros e, de acordo com a forma mais aproximada do corpo d'água, aplicou-se as seguintes fórmulas: elíptica ($a =$ comprimento e $b =$ largura, de tal forma que o tamanho $= a \times b \times \pi$) ou retangular ($a =$ comprimento e $b =$ largura, de tal forma que o tamanho $= a \times b$).

- Profundidade: foi medida em centímetros, com o uso de trena escalonada.

- Hidroperíodo: foi categorizado de acordo com o número de meses com presença de água, sendo: temporário=corpos d'água retiveram água por períodos menores de seis meses; permanente=corpos d'água que retiveram água por períodos iguais ou maiores de seis meses.

- Número de tipos de vegetação emergente no interior do corpo d'água (TVI): categorizado em relação aos tipos de vegetação registrados (herbácea, macrófitas, arbustiva e arbórea), sendo 1=sem vegetação; 2=um tipo de vegetação; 3=dois tipos de vegetação; 4=três tipos de vegetação; 5=mais de três tipos de vegetação emergente.

- Porcentagem emergente no interior do corpo d'água (PVI): estimada visualmente.

- Número de tipos de vegetação nas margens dos corpos d'água (TVM): categorizada em relação aos tipos de vegetação registrados (herbáceo, arbustivo, árvores esparsas, árvores

densamente agrupadas), sendo 1=nenhuma vegetação; 2=apenas um tipo de vegetação; 3=dois tipos de vegetação; 4=três tipos de vegetação nas margens; 5=quatro tipos de vegetação.

Para amostrar esses ambientes, foram realizadas 24 fases de campo durante um ano, sendo duas por mês (uma no pico de lua nova e uma no pico de lua cheia), com início em maio de 2016 e término em abril de 2017. Para isso as fases lunares previstas para ocorrer em cada mês foram previamente verificadas no Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (USP - <http://www.iag.usp.br/astrologia/datas-de-mudanca-das-fases-da-lua>). Em cada fase, as coletas de dados tiveram duração de duas noites, sendo que em cada noite eram amostrados três ambientes, de modo que os ambientes amostrados na primeira noite não eram amostrados na segunda noite. A cada fase, a ordem de amostragem dos ambientes foi diferente, visando a evitar os erros que poderiam surgir devido às variações no período de vocalização das espécies (*sensu* Conte & Rossa-Feres 2007). Além disso, em cada fase, cada ambiente foi amostrado uma única vez para que não houvesse recontagem de indivíduos, evitando pseudo-replicações numa mesma noite.

As coletas tinham início às 19 h 30 min e terminavam às 00 h 30 min, o que totalizou cinco horas de amostragem por noite, 10 h por fase e 240 h ao longo do ano amostrado. Foi utilizado o método de levantamento em sítio de reprodução (*sensu* Scott Jr & Woodward 1994), onde o perímetro de cada corpo d'água foi percorrido lentamente, sendo quantificados todos os machos visualizados e/ou em atividade de vocalização no local no momento da coleta. A abundância de indivíduos de *D. minutus* se deu a partir da consideração do total de registros feitos em todas as fases de campo. Esse procedimento foi adotado pois, de acordo com uma compilação de dados feita por Nomura et al. (2012), o número de indivíduos que estão presentes em mais de um evento reprodutivo pode variar muito entre as espécies, porém é menor do que o

número de indivíduos que ocorrem em um único evento; assim, a utilização da abundância total observada possui um menor erro em comparação com o uso do mês de maior registro de indivíduos como estimativa de abundância, como sugerido por alguns autores (Conte & Rossa-Feres 2006; Santos et al. 2008).

Com o uso de um termo-higroanemômetro-luxímetro digital – LM8000, foram coletadas as seguintes variáveis climáticas: temperatura (°C), umidade (%), luminosidade lunar (lx) e velocidade do vento (m/s). Em cada noite de coleta as variáveis foram medidas duas vezes nos ambientes amostrados, uma na chegada e outra na saída do ambiente. Por noite, cada variável foi medida seis vezes. Em cada fase, cada variável foi medida 12 vezes e, ao final de 24 fases cada variável apresentou 288 medições. Entretanto, para 144 medições das variáveis luminosidade lunar e velocidade do vento, medidas em ambientes em área de Floresta com Araucária, os valores obtidos foram sempre zero. Isso, provavelmente, se deve ao fato da estrutura vegetal ao redor e acima dos ambientes bloquearem a captação destas variáveis pelo equipamento.

A variável espacial coletada foi a altura do sítio de vocalização dos machos em relação ao solo. Para coletar as medidas desta variável, foi utilizada uma trena escalonada, com precisão de 0,05 cm.

Análises estatísticas

Para verificar se existe diferença na distribuição espacial de *D. minutus* ao longo do ano e ao longo de diferentes áreas (campos naturais e Floresta com Araucária) em relação à variável altura do sítio de vocalização, foi realizada uma análise de similaridade (ANOSIM), a partir de uma matriz onde as linhas foram representadas, primeiramente, pelos meses do ano de coleta e, em seguida, para cada tipo de área onde os ambientes estavam inseridos; e as colunas foram representadas pela variável altura do sítio de vocalização. A ANOSIM é um teste não

paramétrico que mede a diferença entre dois ou mais grupos, a partir de qualquer medida de distância, que são convertidas em postos e comparadas dentro e entre grupos (Clarke 1993). Por se tratar do uso de uma matriz, homogênea e contendo dados quantitativos contínuos brutos (Valentin 2012), utilizamos o índice de similaridade de Bray-Curtis. Este índice não leva em conta as duplas ausências e é fortemente influenciada pelos valores dominantes, sendo que valores raros pouco acrescentam na análise (Valentin 2012). A ANOSIM foi realizada no programa computacional PAST (Hammer et al. 2001).

Para verificar se a variável de sítio de vocalização está relacionada às variáveis ambientais nas áreas de campos naturais e de Floresta com Araucária, foi efetuada uma análise de correlação com o coeficiente de correlação de Pearson (r). Para isso foram utilizadas as médias mensais das variáveis ambientais e de sítio de vocalização. A análise foi realizada no ambiente R v. 3.1.2 (R Core Team 2017) e foram consideradas apenas correlações significativas com $p < 0,05$.

RESULTADOS

Foram registrados 1.368 indivíduos de *D. minutus*, sendo, aproximadamente, 68% encontrados nos ambientes em área de Floresta com Araucária ($n = 927$) e 32% encontrados nos ambientes em área de campos naturais ($n = 441$) (Tabela 2). Nos ambientes inseridos em área de Floresta com Araucária, *D. minutus* foi registrada em 11 meses do ano, exceto no mês de junho. Já nos ambientes inseridos em área de campos naturais, além do mês de junho, a espécie também não foi registrada nos meses de julho e abril (Tabela 2). A maior abundância total da espécie ao longo do ano foi registrada durante o mês de fevereiro ($n = 341$); nos ambientes da área de Floresta com Araucária a maior abundância foi registrada no mesmo mês ($n = 289$); porém, nos

ambientes da área de campos naturais, a maior abundância foi registrada no mês de janeiro (n=118) (Tabela 2).

Com relação à altura dos sítios de vocalização, foram obtidas medidas de 842 sítios, sendo que, aproximadamente, 63% (n=529) foram medidos em ambientes inseridos em área de Floresta com Araucária e, aproximadamente, 37% (n=313) foram medidos em ambientes inseridos em área de campos naturais (Tabela 2). Ainda com relação a estas 842 medições, a maioria foi obtida no mês de fevereiro (n=179). Neste mesmo mês, foi obtido o maior número de medidas para ambientes inseridos em área de Floresta com Araucária (n=138; Tabela 2); já para os ambientes inseridos em área de campos naturais, o maior número de medidas foi obtido em janeiro (n=74; Tabela 2). Ao longo das 24 fases de coleta, a maior média para a variável altura do sítio de vocalização de *D. minutus* (60 cm; Figura 2) foi registrada no mês de dezembro. Neste mesmo mês esta variável teve sua maior média registrada em ambientes inseridos em área de Floresta com Araucária (64 cm; Figura 2). Nos ambientes inseridos em áreas de campos naturais, a maior média de altura do sítio de vocalização (59 cm) foi registrada no mês de janeiro (Figura 2).

As variáveis ambientais temperatura, umidade, luminosidade lunar e velocidade do vento tiveram suas maiores médias nos meses de janeiro (24.7 °C), maio (84.5 %), junho (1 lx) e fevereiro (1.31 m/s), respectivamente (Figuras 3 e 4).

Foi verificado que existe diferença na distribuição espacial de *D. minutus*, em relação à altura do sítio de vocalização, tanto ao longo do ano (ANOSIM: $R=0.11$; $p=0.0002$), quanto entre as diferentes áreas (ANOSIM: $R=0.11$; $p=0.0002$).

Tanto em área de campos naturais ($r=0.83$; $p<0.000$; Tabela 3), como em área de Floresta com Araucária ($r=0.93$; $p<0.000$; Tabela 3), a altura do sítio de vocalização foi positivamente

correlacionada com a temperatura. Porém, apenas em área de campos naturais, está variável foi correlacionada negativamente com a luminosidade lunar ($r=-0.62$; $p=0.03$; Tabela 3).

DISCUSSÃO

Dedropsophus minutus é uma espécie de hábito generalista em relação à sazonalidade de ocorrência (Melo et al. 2007) e ao tipo de ambiente utilizado para reprodução, ocorrendo tanto em ambientes reprodutivos inseridos em áreas abertas, como ambientes florestais (Conte & Rossa-Feres 2007; Crivellari et al. 2014). Embora algumas vezes, a abundância da espécie seja maior em ambientes de campo do que em ambientes de mata (Conte & Rossa-Feres 2006; Oda et al. 2009; Colombo et al. 2008), no presente estudo a maior abundância foi registrada nos ambientes inseridos em área de Floresta com Araucária. Ambientes florestais são considerados mais estáveis quando comparados a ambientes de campos, pois apresentam menores taxas de perturbações e maior possibilidade de estabilidade tanto para a riqueza de espécies, como para a abundância das espécies (Scoot-Jr, 1976; Townsend et al. 2010). Assim a estabilidade conferida pela área de Floresta com Araucária permite *D. minutus* se estabelecer nos ambientes desta área em altas abundâncias. A heterogeneidade do corpo d'água é capaz de determinar a riqueza e a composição das espécies que ali ocorrem (Vasconcelos et al. 2009; Campos et al. 2013; Gonçalves et al. 2015), de modo que ambientes mais heterogêneos podem contribuir para uma maior abundância de espécies, como evidenciado, por exemplo, por Gonçalves et al. (2015) para *Boana leptolineata*. Assim, a maior abundância de *D. minutus* sendo registrada nos ambientes em área de Floresta com Araucária, talvez também possa estar relacionada à maior heterogeneidade ambiental nesta área, devido aos descritores coletados indicarem, pelo menos categoricamente, que ambientes em FA são mais heterogêneos que ambientes em CN. Com relação à sazonalidade e abundância da espécie, os resultados encontrados corroboram estudos

anteriores, onde *Dendropsophus minutus* foi encontrada praticamente durante todo o período de amostragem (Conte & Rossa-Feres 2006; São Pedro & Feio 2010; Maffei et al. 2011; Ferreira et al. 2012) e com as maiores abundâncias ocorrendo nos períodos com maiores temperaturas (Conte & Rossa-Feres 2007; Melo et al. 2007).

A temperatura exerce um papel fundamental sobre os anfíbios anuros (Wells 2007), sendo que, em comunidades neotropicais sazonais, as maiores riquezas e maiores abundâncias de espécies são encontradas durante os períodos mais quentes (Bernarde & Machado 2001; Conte & Machado 2005; Vasconcelos & Rossa-Feres 2005; Conte & Rossa-Feres 2006; Santos et al. 2008; Kopp et al 2010). Um aumento, tanto da riqueza, como na abundância das espécies, em ambientes onde há limitação de recursos, pode gerar mecanismos de competição (Pianka 1994). No caso de *Dendropsophus minutus*, o aumento na abundância verificado nos períodos mais quentes poderia ocasionar casos de competição intraespecífica pela altura do sítio de vocalização. O processo de competição intraespecífica se dá quando dois ou mais indivíduos da mesma espécie e da mesma população, utilizam os mesmos recursos e esses recursos são limitados no ambiente (Pianka 1994). Em ambientes reprodutivos, um dos recursos explorados pelas espécies e seus indivíduos durante o período reprodutivo é o recurso espacial (Duellman & Trueb 1994; Wells 2007). Desse modo, as populações de anuros de comunidades sazonais do neotrópico, onde em períodos mais quentes se encontra uma maior riqueza e abundância de espécies (Wells 2007), estão sujeitas à ocorrência deste tipo de competição em relação ao recurso espacial. Entretanto, para que haja coexistência entre as espécies e entre os indivíduos, de maneira que as competições sejam minimizadas, ocorre o processo de segregação espacial, onde as espécies e os indivíduos ocupam diferentes posições em relação à altura, distância e substrato utilizado como sítio de vocalização (Cardoso et al. 1989). Assim, o aumento na altura do sítio de

vocalização de *Dendropsophus minutus* em períodos mais quentes nos ambientes reprodutivos em áreas de Floresta com Araucária e de campos naturais, pode ser um mecanismo de segregação espacial desta espécie para diminuir a competição intraespecífica pela altura do sítio de vocalização.

Além da temperatura, outra variável reconhecida por exercer influência sobre os anuros é a luminosidade lunar (revisão em Grant et al. 2012). Essa variável pode ter efeito tanto positivo como negativo para os anuros, no que diz respeito a detectar ou ser detectado por um predador. Em relação à predadores noturnos, que pouco utilizam da visão para detectar presas, como por exemplo morcegos (mecanismos de ecolocalização; Surlykke & Kalko 2008) e serpentes (mecanismos olfativos, térmicos e vibrações; Vincent et al. 2005), um maior nível de luminosidade lunar pode favorecer os anuros caso estes detectem visualmente e evitem esses predadores. Entretanto, tratando-se de predadores orientados visualmente, existe a possibilidade de que os anuros poderiam ser desfavorecidos com um aumento no nível de luminosidade, uma vez que isso favorecer predadores deste tipo a encontrarem presas durante a noite (Watanuki 1986). Para que isso seja evitado, as espécies podem apresentar o comportamento de “fobia lunar”. Esse comportamento de defesa consiste em evitar períodos de alta luminosidade lunar, com o intuito de reduzir o risco de predação (Morrison 1978). No caso da relação entre a altura do sítio de vocalização de *Dendropsophus minutus* e a luminosidade lunar em ambientes de campo, parece ocorrer um comportamento de defesa, comumente, chamado de “fobia lunar” onde a espécie ocupa menores alturas de sítio de vocalização em períodos de maior luminosidade e assim pode evitar ser detectada por predadores orientados visualmente.

CONCLUSÃO

A partir do presente estudo foi possível chegar às seguintes conclusões:

1) Machos da espécie *Dendropsophus minutus* apresentam plasticidade quanto à escolha do seu sítio de vocalização. Eles variaram na altura de seu sítio tanto ao longo do ano, bem como entre as áreas de floresta com Araucária e campos naturais. Apesar dessa variação ter ocorrido, não é possível generalizar que isso ocorra para todas as espécies. Seria possível questionar: machos de espécies com comportamento de reprodução explosiva, tendo poucos dias para se reproduzir, apresentam variação no sítio de vocalização?

2) Tanto em área de floresta com Araucária, como em área de campos naturais, os machos de *D. minutus* ocuparam maiores alturas de sítio de vocalização em períodos mais quentes do ano. Estes períodos, na região neotropical, correspondem a época de maior riqueza e abundância nos ambientes reprodutivos. Com um número maior de espécies e de indivíduos nos ambientes, a maneira de haver coexistência é através da segregação espacial e assim, as competições (intra e interespecíficas) podem ser minimizadas. Uma vez que não possuímos dados em relação à riqueza de outras espécies nos ambientes amostrados, podemos sugerir que machos de *D. minutus* apresentam um mecanismo de segregação espacial, em relação à altura do sítio de vocalização, ocupando maiores alturas nos períodos mais quentes e evitando a competição intraespecífica.

3) Em áreas de campos naturais os machos de *D. minutus* ocuparam menores alturas de sítios de vocalização em períodos com maior luminosidade lunar. No caso de *D. minutus*, isso pode representar um comportamento de defesa, comumente chamado “fobia lunar”, onde os machos irão vocalizar em poleiros mais baixos. Desta forma, eles podem não ser encontrados por predadores visualmente orientados.

REFERÊNCIAS

- Bastos RP, Haddad CFB. 1996. Breeding activity of the Neotropical treefrog *Hyla elegans* (Anura, Hylidae). *Journal of Herpetology*. 30:355–360.
- Bastos RP, Haddad CFB. 1999. Atividade reprodutiva de *Scinax rizibilis* (Anura, Hylidae) na Floresta Atlântica, sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 6(2):409 – 421.
- Bernarde PS, Machado RA. 2001. Riqueza de espécies, ambientes de reprodução e temporada de vocalização da anurofauna em Três Barras do Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). *Cuadernos de Herpetologia*. 14(2):93–104.
- Campos VA, Oda FH, Juen L, Barth A, Dartora A. 2013. Composição e riqueza de espécies de anfíbios anuros em três diferentes habitat em um agrossistema no Cerrado do Brasil central. *Biota Neotropica*. 13(1):125–132.
- Cardoso AJ, Andrade GV, Haddad CFB. 1989. Distribuição espacial em comunidades de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*. 49:241–249.
- Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. 18:117–43.
- Church G. 1960. Annual and lunar periodicity in the sexual cycle of the Javanese toad, *Bufo melanostictus* (Schneider). *Zoologia*. 45:181–188.
- Colombo P, Kindel A, Vinciprova G, Krause L. 2008. Composição e ameaças à conservação dos anfíbios anuros do Parque Estadual do Itapeva, município de Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica*. 8(3):230–240.
- Conte CE, Machado RA. 2005. Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade de Tijucas do Sul, Paraná,

Brasil. Revista Brasileira de Zoologia. 22(4):940–948.

Conte CE, Rossa-Feres DC. 2006. Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia. 23(1):162–175.

Conte CE, Rossa-Feres DC. 2007. Riqueza e distribuição espaço-temporal de anuros em remanescentes de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. Revista Brasileira de Zoologia. 24(4):1025–1037.

Crivellari LB. 2016. Anfíbios dos campos da Mata Atlântica: Influência relativa de gradientes ambientais e espaciais nos padrões de diversidade e estrutura filogenética [PhD thesis]. São José do Rio Preto (SP): Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Crivellari LB, Leivas PT, Leite JCM, Gonçalves DS, Mello CM, Rossa-Feres DC, Conte CE. 2014. Amphibians of grasslands in the state of Paraná, southern Brazil (Campos Sulinos). Herpetology Notes. 7:639–654.

Duellman WE, Trueb L. 1994. Biology of Amphibians. Baltimore (MD): The Johns Hopkins University Press.

Ferreira RB, Dantas RB, Tonini JFR. 2012. Distribuição espacial e sazonal de anfíbios em quatro poças na região serrana do Espírito Santo, sudeste do Brasil: influência de corredores florestais. Iheringia, Série Zoologia. 102(2): 163–169.

Fitzgerald GJ, Bider JR. 1974. Influence of moon phase and weather factors in locomotory activity in *Bufo americanus*. Oikos. 25:338–340.

França DPF, Freitas MA, Ramalho WP, Bernarde PS. 2017. Diversidade local e influência da sazonalidade sobre as taxocenoses de anfíbios e répteis na Reserva Extrativista

Chico Mendes, Acre, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*. 107: 1–12.

Gonçalves DS, Crivellari LB, Conte CE. 2015. Linking environmental drivers with amphibian species diversity in ponds from subtropical grasslands. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 87(3): 1751–1762.

Grant RA, Chadwick EA, Halliday, T. 2009. The lunar cycle: a cue for amphibian reproductive phenology? *Animal Behaviour*. 78:349–357.

Grant RA, Halliday T, Chadwick EA. 2012. Amphibians' response to the lunar synodic cycle—a review of current knowledge, recommendations, and implications for conservation. *Behaviour Ecology*. 24(1):53–62.

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. Past: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1):1–9.

[IAP] Instituto Ambiental do Paraná (BR). 2004. Plano de manejo do Parque Estadual de Vila Velha. Curitiba (PR).

Kopp K, Signorelli L, Bastos RP. 2010. Distribuição temporal e diversidade de modos reprodutivos de anfíbios anuros no Parque Nacional das Emas e entorno, estado de Goiás, Brasil. *Iheringia: Série Zoologia*. 100(3):192–200.

Maack R. 2012. Geografia física do estado do Paraná. Ponta Grossa (PR): Editora UEPG.

Maffei F, Ubaid FK, Jim J. 2011. Anurofauna em área de cerrado aberto no município de Borebi, estado de São Paulo, Sudeste do Brasil: uso do habitat, abundância e variação sazonal. *Biota Neotropica*. 11(2):201–213.

Melo, GV, Rossa-Feres DC, Jim J. 2007. Variação temporal no sítio de vocalização em uma comunidade de anuros de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*.

7(2):93–102.

Morrison D. 1978. Lunar phobia in a neotropical fruit bat, *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Animal Behaviour*. 26:852–855.

Nomura F, Maciel NM, Pereira EB, Bastos RP. 2012. Diversidade de anuros (Amphibia) em áreas recuperadas de atividade mineradora no Cerrado e de plantio de *Eucalyptus urophylla* no Brasil Central. *Bioscience Journal*. 28(2):312–324.

Oda FH, Bastos RP, Lima MACS. 2009. Taxocenose de anfíbios anuros no Cerrado do Alto Tocantins, Niquelândia, Estado de Goiás: diversidade, distribuição local e sazonalidade. *Biota Neotropica*. 9(4):219–232.

Pereira EM, Lira CS, Santos EM. 2016. Ocupação, distribuição espacial e sazonal dos anfíbios anuros, em fragmento de Mata Atlântica. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*. 7(2):70–83.

Pianka E. 1994. *Evolutionary Ecology*. New York (NY): Haper Collins College Publishers.

Pombal Jr JP. 1997. Distribuição espacial e temporal de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*. 57(4):583–594.

Pombal Jr JP. 2010 O espaço acústico em uma taxocenose de anuros (Amphibia) do Sudeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*. 68(1-2):135–144.

Prado GM, Pombal Jr JP. 2005. Distribuição espacial e temporal dos anuros em um brejo da Reserva Biológica de Duas Bocas, Sudeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*. 63(4):685–705.

R Core Team. 2017. *R: a language and environment for statistical computing*. Viena

(AUS): R Foundation for Statistical Computing; [accessed 2019 Apr 8].
<http://www.Rproject.org>.

Rossa-Feres DC, Jim J. 2001 Similaridade do sítio de vocalização em uma comunidade de anfíbios anuros na região noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 18:439–454.

Santos TG, Rossa-Feres DC, Casatti L. 2007. Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. *Iheringia: Série Zoologia*. 97(1):37–49.

Santos TG, Kopp K, Spies MR, Trevisan R, Cechin SZ. 2008. Distribuição temporal e espacial de anuros em área de Pampa, Santa Maria, RS. *Iheringia: Série Zoologia*. 98(2):244–253.

São Pedro VA, Feio RN. 2010. Distribuição espacial e sazonal de anuros em três ambientes na Serra do Ouro Branco, extremo sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *Biotemas*. 23(1):143–154.

Scott Jr NJ, Woodward BD. 1994. Surveys at breeding. In: Heyer WR, Donnelly MA, McDiarmid RW, Hayek LAC, Foster MS, editors. *Measuring and Monitoring Biological Diversity – Standard Methods for Amphibians*. 1st ed. Washington (DC): Smithsonian Institution Press; p. 118–125.

Surlykke A, Kalko EKV. 2008. Echolocating bats cry out loud to detect their prey. *PLoS ONE*. 3(4):e2036.

Toledo LF, Zina J, Haddad CFB. 2003. Distribuição espacial e temporal de uma comunidade de anfíbios anuros do Município de Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Holos Environment*. 3(2):136–149.

Townsend CR, Begon M, Harper JL. 2010. Fundamentos em Ecologia. Porto Alegre (RS): Artmed.

Valentin JL. 2012. Ecologia Numérica – Uma Introdução à Análise Multivariada de Dados Ecológicos. Rio de Janeiro (RJ): Interciência.

Vasconcelos TS, Rossa-Feres DC. 2005. Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*. 5(2):137–150.

Vasconcelos TS, Rossa-Feres DC. 2008. Habitat heterogeneity and use of physical and acoustic space in anuran communities in Southeastern Brazil. *Phyllomedusa*. 7:127–142.

Vasconcelos TS, Santos TD, Rossa-Feres DC, Haddad CFB. 2009. Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*. 87(8):699–707.

Vincent SE, Shine R, Brown GP. 2005. Does foraging mode influence sensory modalities for prey detection in male and female filesnakes, *Acrochordus arafurae*? *Animal Behaviour*. 70(3):715–721.

Watanuki Y. 1986. Moonlight avoidance behavior in Leach's stormpetrels as a defense against slaty-backed gulls. *Auk*. 103(1):14–22.

Wells KD. 2007. The ecology and behavior of amphibians. Chicago (IL): The University of Chicago Press.

TABELAS

Tabela 1. Ambientes reprodutivos amostrados, entre Maio/2016 e Abril/2017, inseridos em áreas de floresta com Araucária (FA) e de campos naturais (CN). TVM=número de tipos de vegetação nas margens; PVI=porcentagem de vegetação emergente no interior do corpo d'água; TVI=número de tipos de vegetação no interior do ambiente

Área	Ambientes	Tamanho (m²)	Profundidade (cm)	Hidroperíodo	TVM	PVI	TVI
Campos naturais	CN1	1.051	200	Permanente	3	20	2
	CN2	540	200	Permanente	2	30	2
	CN3	492	200	Permanente	2	0	1
Floresta com araucária	FA1	18.934	75	Permanente	5	95	5
	FA2	1.205	71	Temporário	4	95	3
	FA3	2.268	153	Permanente	4	85	5

Tabela 2. Abundância e número de sítios de vocalização de *Dendropsophus minutus* medidos em relação à altura, em áreas de Floresta com Araucária e de campos naturais, entre Maio/2016 e Abril/2017. CN = ambientes reprodutivos inseridos em área de campos naturais; FA = ambientes reprodutivos inseridos em área de Floresta com Araucária.

Campanhas (Meses)	Abundância em todos os ambientes reprodutivos	Abundância em FA	Abundância em CN	Sítios de vocalização medidos em todos os ambientes reprodutivos	Sítios de vocalização medidos em FA	Sítios de vocalização medidos em CN
1 (Maio)	5	1	4	4	1	3
2 (Junho)	0	0	0	0	0	0
3 (Julho)	3	3	0	3	3	0
4 (Agoto)	2	1	1	2	1	1
5 (Setembro)	48	29	19	34	15	19
6 (Outubro)	149	93	56	118	70	48
7 (Novembro)	205	130	75	127	71	56
8 (Dezembro)	184	85	99	110	56	54
9 (Janeiro)	213	95	118	129	55	74
10 (Fevereiro)	341	289	52	179	138	41
11 (Março)	178	161	17	107	90	17
12 (Abril)	40	40	0	29	29	0
TOTAL	1.368	927	441	842	529	313

Tabela 3. Correlações entre as médias mensais de altura de sítio de vocalização de *Dendropsophus minutus* e das variáveis ambientais. Valores de significância (p) e, em negrito, valores do coeficiente de correlação de Pearson (r). * Variáveis não coletadas nos ambientes inseridos na determinada área. CN = ambientes reprodutivos inseridos em área de campos naturais; FA = ambientes reprodutivos inseridos em área de floresta com Araucária.

	Temperatura	Velocidade do Vento	Luminosidade Lunar	Umidade
Altura em FA	0,00 / 0,92	*	*	0,98 / 0,00
Altura em CN	0,00 / 0,82	0,10 / 0,49	0,03 / -0,62	0,75 / -0,10

FIGURAS

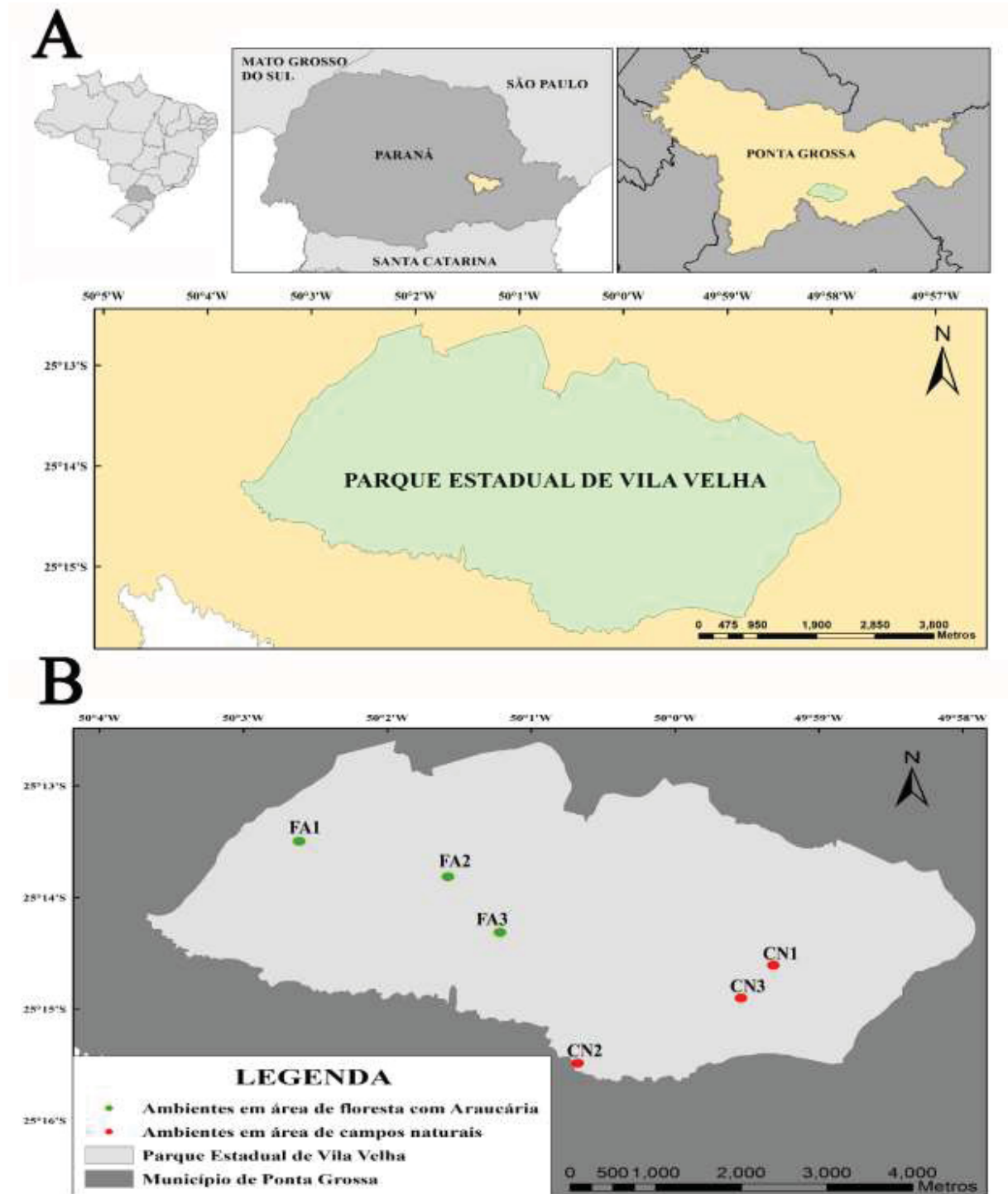


Figura 1. Localização geográfica do (A) Parque Estadual de Vila Velha e (B) dos ambientes amostrados inseridos em áreas de campos naturais (CN) e de floresta com Araucária (FA).

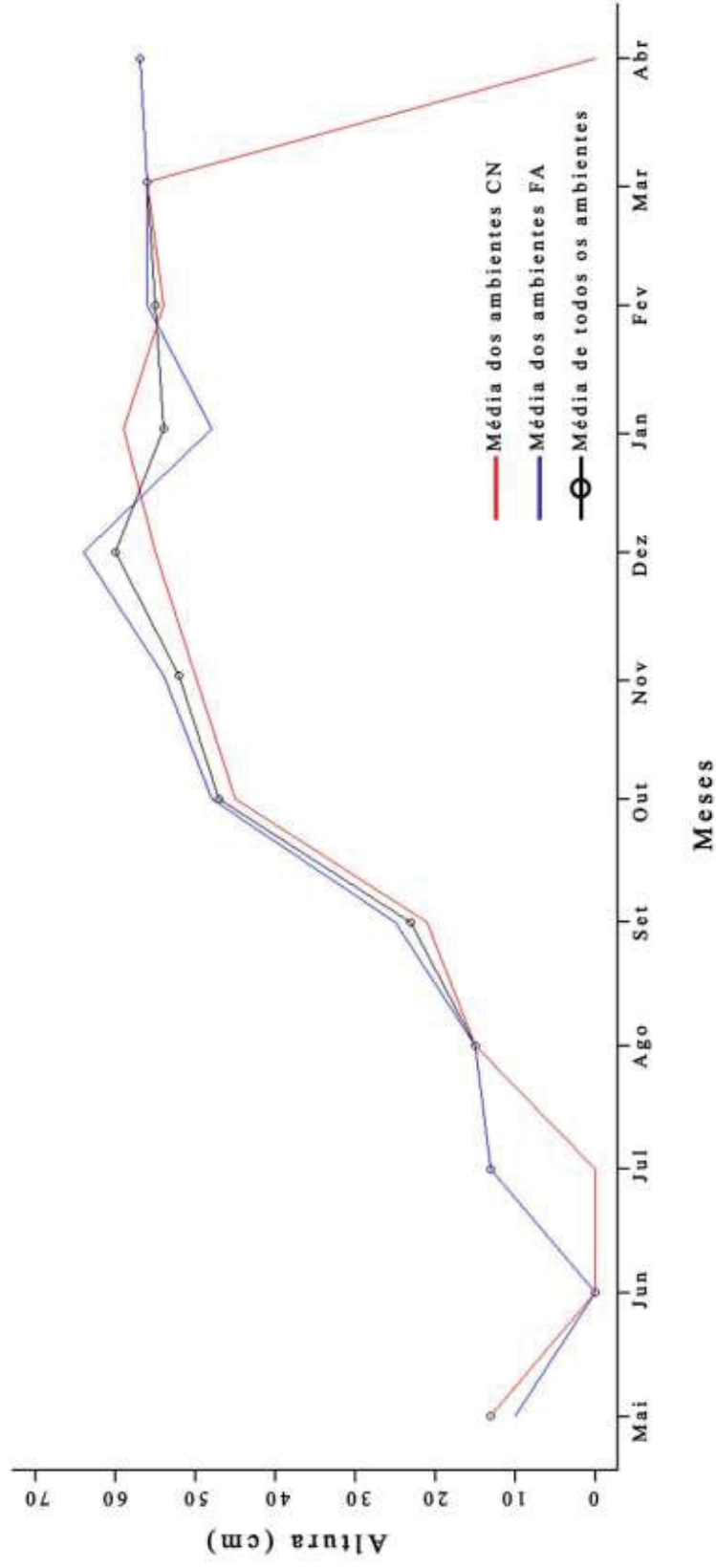


Figura 2. Médias mensais da altura do sítio de vocalização de *Dendropsophus minutus*, medidas em ambientes inseridos em áreas de campos naturais (CN) e de Floresta com Araucária (FA) do Parque Estadual de Vila Velha.

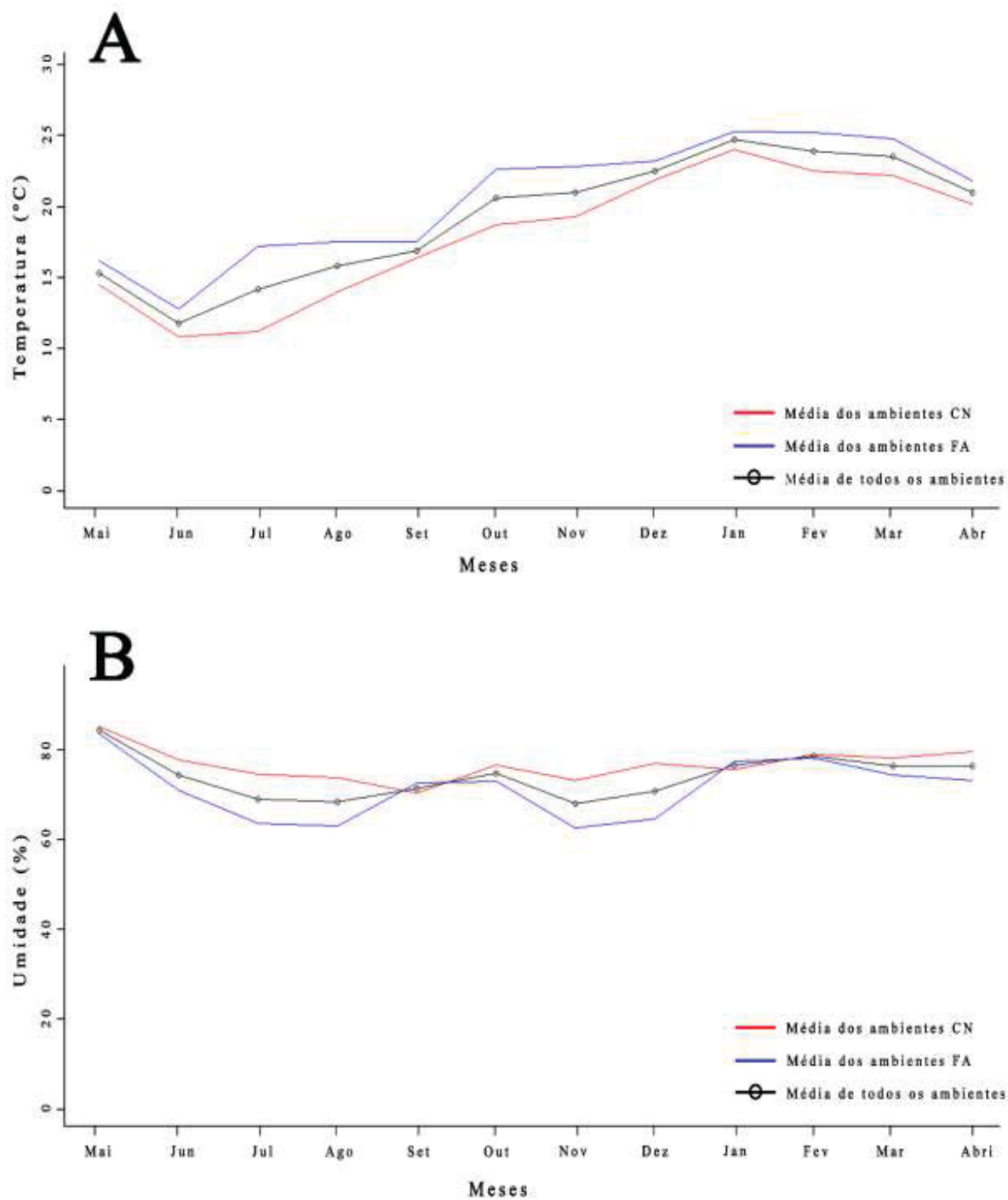


Figura 3. Médias mensais de (A) temperatura e (B) umidade, medidas em ambientes inseridos em áreas de campos naturais (CN) e de Floresta com Araucária (FA) do Parque Estadual de Vila Velha.

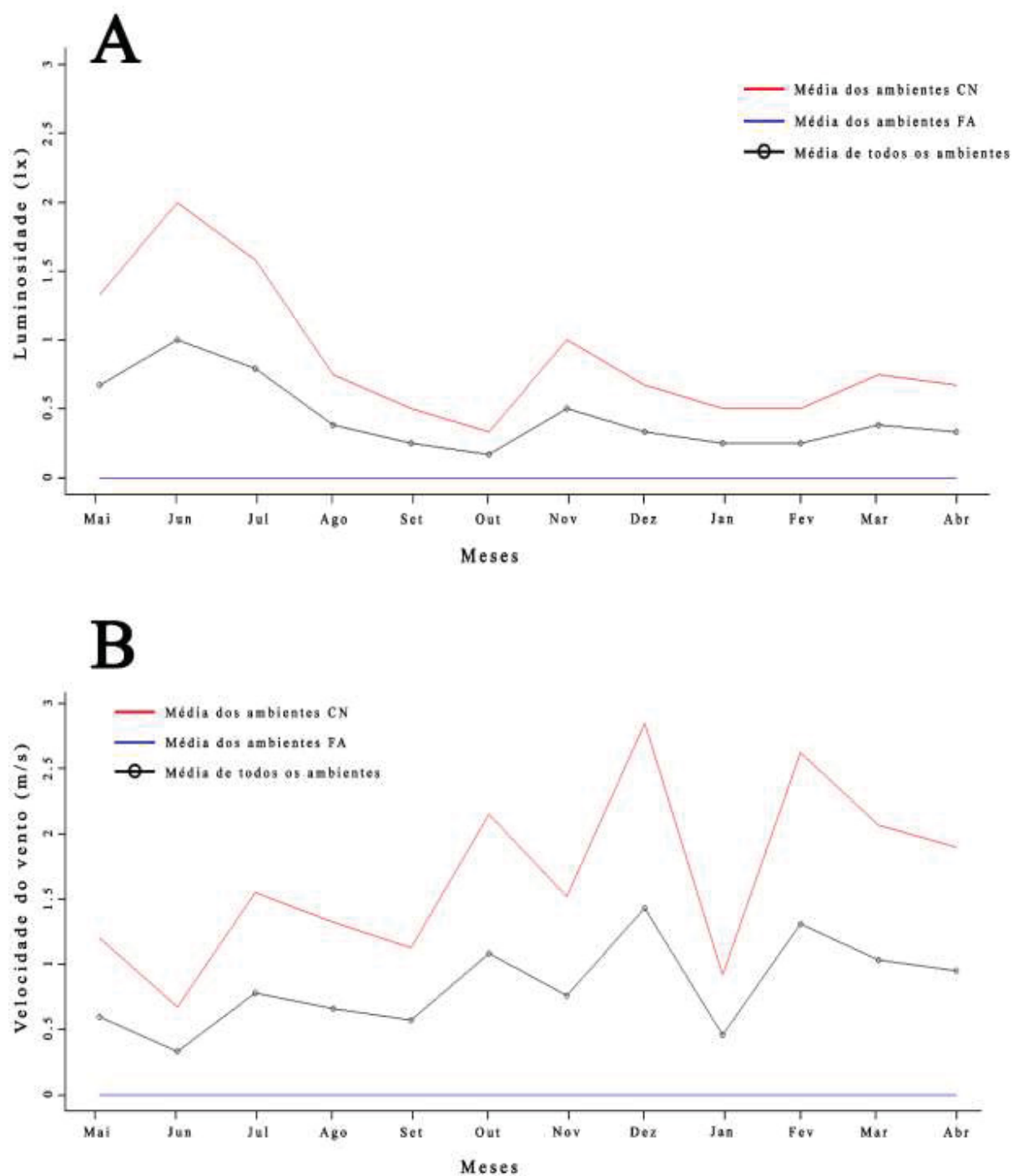


Figura 4. Médias mensais de (A) luminosidade e (B) velocidade do vento, medidas em ambientes inseridos em áreas de campos naturais (CN) e de floresta com Araucária (FA) do Parque Estadual de Vila Velha.

CAPÍTULO 2[‡]

Atenuação e degradação acústica em *Dendropsophus minutus* (Amphibia: Anura): ocorrência destes processos em diferentes áreas e efeito do micro-habitat

CAIO MARINHO MELLO^{a, b, *}, CARLOS EDUARDO CONTE^{c, d} & RODRIGO LINGNAU^{a, e}

^a Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoologia. Centro Politécnico, CEP 19020, 81531-980 Curitiba, PR, Brasil

^b Grupo de Pesquisa Bioacústica, Ecologia e Comportamento Animal – BECA.

^c Instituto Neotropical: Pesquisa e Conservação. Rua Purus nº 33, CEP 82520-750, Curitiba, PR, Brasil.

^d Criadouro Onça Pintada. Estrada do Pocinho, nº 500, CEP 834360-000, Campinha Grande do Sul, PR, Brasil.

^e Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão, Linha Santa Bárbara, s/n, 85601-970, Francisco Beltrão, PR, Brasil

* Autor para correspondência. E-mail: caio.bio2009@hotmail.com

[‡] Capítulo formatado conforme as normas da revista *Journal of Natural History*, seguindo as instruções da seção “Instructions for authors” disponíveis em:
<https://www.tandfonline.com/action/authorSubmission?journalCode=tnah20&page=instructions>

RESUMO

A vocalização de anúncio emitida pelos machos de anfíbios anuros é responsável por sinalizar sua posição no ambiente e atrair fêmeas para a reprodução. Em ambientes naturais, aumentando-se a distância em relação ao macho emissor, esta vocalização está sujeita a dois processos que podem afetar a recepção e interpretação da informação; um na estrutura do sinal acústico (degradação) e outro que ocasiona a perda, de maneira progressiva, de sua intensidade (atenuação). Ainda que se realize trabalhos sobre degradação e atenuação acústica na vocalização de anuros, faltam evidências sobre os efeitos de diferentes distâncias em diferentes áreas, além do efeito de variáveis de micro-habitat. Assim, o presente estudo buscou verificar a degradação e a atenuação na vocalização de anúncio de *Dendropsophus minutus*, além de (a) verificar se existe diferença na degradação e atenuação acústica na vocalização da espécie em diferentes distâncias de diferentes áreas (floresta com Araucária e campos naturais) e (b) verificar a existência de influência de variáveis de micro-habitat nestes processos. Foram gravadas, a 1m de distância, 150 vocalizações. Posteriormente, cada vocalização foi submetida a um experimento de playback em cinco distâncias em cada área (2m, 4m, 6m, 8m e 10m). Para todas as vocalizações, gravadas nas seis distâncias, a intensidade sonora foi medida e os seguintes parâmetros acústicos foram analisados: duração do canto, frequências mínima, máxima e dominante e amplitude de frequência. Além disso, em cada distância foram coletadas três variáveis de micro-habitat. Foi constatada a ocorrência de degradação e atenuação na vocalização de *D. minutus*. A atenuação foi mais evidente em área de campos naturais, enquanto que a degradação em área de floresta com Araucária. Além disso, duas variáveis de micro-habitat influenciaram a degradação acústicas dos parâmetros: duração do canto, amplitude de frequência e frequências mínima e máxima.

Palavras-chave: Bioacústica; Vocalização de anúncio; Parâmetros espectrais; Parâmetros temporais; Processos acústicos.

ABSTRACT

Advertisement calls emitted by anuran males is responsible for signaling their position in the environment and attracting females for breeding. In natural environments, increasing the distance from the emitting male, this vocalization is subject to two processes that can affect the reception and interpretation of the information; one in the structure of the acoustic signal (degradation) and another that causes the progressive loss of its intensity (attenuation). Although there is work on acoustic degradation and attenuation in anurans calls, there is a lack of evidence on the effects of different distances in different areas, besides the effect of microhabitat variables. Thus, the present study aimed to verify the degradation and attenuation in advertisement call of *Dendropsophus minutus*, besides (a) to verify if there is difference in acoustic degradation and attenuation in calls of the species at different distances of different areas (Araucaria forest and natural open fields) and (b) verify the existence of influence of micro-habitat variables in these processes. A total of 150 vocalizations were recorded at a distance of 1m. Subsequently, each vocalization was submitted to a playback experiment in five distances in each area (2m, 4m, 6m, 8m and 10m). For all the vocalizations, recorded at the six distances, the sound intensity was measured and the following acoustic parameters were analyzed: call duration, minimum, maximum and dominant frequencies and frequency amplitude. In addition, three microhabitat variables were collected at each distance. It was verified the occurrence of degradation and attenuation in the vocalization of *D. minutus*. Attenuation was more evident in natural open fields area, while the degradation in Araucaria forest. In addition, two microhabitat variables influenced the acoustic degradation of the parameters: call duration, frequency amplitude and minimum and maximum frequencies.

Key words: Bioacoustic; Advertisement call; Spectral parameters; Temporal parameters; Acoustic processes.

INTRODUÇÃO

A comunicação ocorre quando é enviada uma informação por um indivíduo e com o recebimento e a interpretação dessa informação por outro (Manning & Dawkins 1992). Entre os animais ela representa um comportamento social com funções como: reprodução, proteção e busca por alimento (Vauclair 1996). Ainda que existam diversos tipos de comunicação como química, visual e tátil (Palermo-Neto & Alves 2010), a forma mais difundida ocorre através de sons, por meio de vocalizações (Krebs & Davies 1991). Nesse tipo de comunicação, características do ambiente filtram os parâmetros acústicos emitidos, regulando a evolução dos sinais (Hansen 1979). Assim, quando um sinal acústico é emitido, ele deve apresentar o mínimo de modificações ao longo do ambiente, garantindo sua percepção e discriminação pelo receptor (Wiley and Richards 1978).

Em diferentes distâncias em um determinado ambiente, os sinais acústicos estão sujeitos a dois processos: degradação e atenuação (Wiley and Richards 1978). O aumento na distância em relação à fonte emissora ocasiona mudanças na estrutura do sinal acústico (degradação) e perda de maneira progressiva em sua intensidade (atenuação) (Ryan and Kime 2002). Além disso, tanto a atenuação quanto a degradação são influenciados pelo tipo de habitat, sendo maiores em ambientes de áreas florestais (Morton 1975).

Em anfíbios anuros a vocalização de anúncio emitido pelos machos contém sinais acústicos responsáveis por sinalizar sua posição em um ambiente e atrair fêmeas para a reprodução (Wells 2007). Tanto os parâmetros temporais, como os parâmetros espectrais destes sinais acústicos estão sujeitos à degradação e atenuação quando propagados em ambientes naturais (Feng & Schul 2006). Devido a isso a efetividade de propagação desses sinais em

ambientes com diferentes níveis de complexidade ambiental deve ser alta (Ryan & Kime 2002; Kuczynski et al. 2010).

Mesmo sabendo dos efeitos da distância na degradação e atenuação acústica (Wiley & Richards 1978; Ryan & Kime 2002), pesquisas que explorem os efeitos que o ambiente pode causar nesses processos são extremamente necessários (Gehardt & Bee 2006). Além disso, a maioria das espécies-alvo deste tipo de pesquisa habitam regiões temperadas (Ryan et al. 1990; Penna et al. 2006; Kuczynski et al. 2010), sendo recentes os trabalhos com espécies neotropicais (e.g. Velásquez et al. 2018). Assim, o presente trabalho estudou uma espécie neotropical (*Dendropsophus minutus*) e teve como objetivo geral verificar os processos de degradação e atenuação acústica na vocalização desta espécie ao longo de diferentes distâncias em diferentes áreas (Floresta com Araucária e campos naturais), além de (a) verificar se estes processos diferem entre as diferentes distâncias de diferentes áreas (Floresta com Araucária e campos naturais) e (b) verificar a existência de influência de variáveis de micro-habitat nestes processos.

MATERIAL E MÉTODOS

Localidade de estudo

Os dados foram coletados na unidade de conservação (UC) Parque Estadual de Vila Velha (PEVV; 25°13'S, 50°01'W – Figura 1A). Com uma área total de 3.803 ha, está localizado no município de Ponta Grossa – PR, Brasil, região do Segundo Planalto Paranaense. Apresenta uma fitofisionomia composta por Floresta Ombrófila Mista (= Floresta com Araucária) associada aos campos naturais (Maack 2012). O clima da região do PEVV é Cfb de Köppen, subtropical mesotérmico, úmido, sem estação seca definida, com verões frescos, com média do mês mais quente inferior a 22 °C e média no mês mais frio inferior a 18°C. Apresenta uma média anual de 1.554 mm de precipitação, com a estação chuvosa ocorrendo entre setembro e fevereiro, porém

podem ocorrer períodos secos de curta duração durante os meses de novembro e início de dezembro; o mês de janeiro é o mais chuvoso com média de 168 mm, enquanto que agosto é o mês mais seco do ano na unidade com média de 78 mm (IAP 2004).

Coleta de dados

Foram selecionados, com distância mínima entre si de 400 m, seis ambientes de reprodução inseridos em duas diferentes áreas, sendo: três ambientes inseridos em área de campos naturais (CN1, CN2 e CN3; Figura 1B) e três ambientes inseridos em área de Floresta com Araucária (FA1, FA2 e FA3; Figura 1B).

Durante o período noturno nestes ambientes, foram gravadas 150 vocalizações de anúncio de 50 indivíduos de *Dendropsophus minutus*, sendo 75 gravações de 25 indivíduos nos ambientes em área de Floresta com Araucária e 75 de 25 indivíduos nos ambientes em área de campos naturais. Desse modo, para cada indivíduo, foram gravadas três vocalizações de anúncio.

As gravações foram realizadas em uma distância fixa de 1m entre o indivíduo em atividade de vocalização e o microfone. Simultaneamente às gravações e também com distância fixa de 1m, as vocalizações tiveram seu nível de intensidade sonora aferido (Intc, medido em decibéis – dB). Após o término da gravação e aferição da intensidade sonora para cada indivíduo, a exata posição (altura, substrato) em que o indivíduo se encontrava no ambiente era marcada com uma fita zebraada.

No dia seguinte, durante o período diurno, uma caixa de som contendo as vocalizações gravadas na noite anterior e previamente ajustada aos valores de intensidade aferidos era posicionada no local marcado com a fita zebraada. Este procedimento foi tomado para a realização de um experimento de "playback". Este experimento consistiu em regravar as vocalizações e medir suas intensidades sonoras (Intc, medido em decibéis – dB) em diferentes

distâncias. Para isto, foram demarcadas, a partir uma transecção em linha reta e em sentido ao exterior do ambiente reprodutivo, cinco pontos de distância em relação a posição marcada com a fita zebreada: 2 m, 4 m, 6 m, 8 m e 10 m. Além disso, ficou estabelecido que cada vocalização seria reproduzida no local exato onde foi gravada (ex.: gravações feitas no ambiente CN3 foram reproduzidas apenas neste ambiente, com a caixa de som posicionada no exato local onde estava o indivíduo que as emitiu).

Para efetuar as gravações originais, a partir dos indivíduos e as gravações a partir da caixa de som, foi utilizado um gravador digital Marantz PMD-661 com frequência de amostragem de 44.100 Hz e resolução de 16-bits, acoplado a um microfone direcional Yoga HT-81. Já para medir as intensidades sonoras, foi utilizado um decibelímetro digital DEC-300.

Após as gravações e medições de intensidade sonora, foram determinados, de maneira visual, os seguintes descritores de micro-habitat para cada ponto de gravação (1 m, 2 m, 4 m, 6 m, 8 m e 10 m), considerando um raio de 1m em cada ponto:

- a) Altura da vegetação (AV) sendo: 1 = 0-30 cm; 2 = 31 - 60 cm; 3 = 61- 90 cm; 4 = maior que 90 cm.
- b) Tipos de vegetação (TV) sendo: 1 = um tipo; 2 = dois tipos; 3 = três tipos; 4 = ausência de vegetação. Considerando-se, respectivamente, as vegetações: herbácea, arbustiva e arbórea.
- c) Porcentagem de vegetação (PV) sendo: 1 = 0-25%, 2 = 26%-50%, 3 = 51%-75%, 4 = 76%-100%.

As vocalizações gravadas (1 m) e regravadas (2 m, 4 m, 6 m, 8 m e 10 m) passaram por uma filtragem onde foram removidos os ruídos (=sons com amplitude de onda superior as dos canto) das gravações através do programa Raven® Pro V1.5. Após a filtragem, com o uso do

espectro de potência e de oscilogramas obtidos através do programa Cool Edit V.96, os seguintes parâmetros acústicos foram medidos: frequência mínima (Fmin), frequência máxima (Fmax), amplitude de frequência (Famp), frequência dominante (Fdom), medidas em Hertz (Hz), duração do canto (Durc) medido em segundos (s). Para a obtenção dos parâmetros acústicos espectrais (Fmin, Fmax, Famp e Fdom), foi estabelecido nos espectros de potência um limite de -24dB a partir do pico de frequência. Este valor limite foi definido pois nele se encontra 99,6% do sinal acústico emitido, relativo ao pico de amplitude (Podos 1997).

Espectrogramas e oscilogramas para a visualização das vocalizações foram gerados no ambiente R v. 3.1.2 (R Development Core Team, 2017) com a utilização dos pacotes “*seewave*” (Sueur et al. 2008) e “*tuneR*” (Ligges et al. 2016)

Análises estatísticas

Primeiramente, os dados acústicos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade de Shapiro-Wilk e Levene, (Gotelli & Elisson 2010) respectivamente. Constatada a ausência de normalidade (Durc: $W=0.89/p<0.000$; Fdom: $W=0.62/p<0.000$; Fmin: $W=0.58/p<0.000$; Fmax: $W=0.75/p<0.000$; Famp: $W=0.88/p<0.000$; Intc: $W=0.99/p<0.000$) e homogeneidade (Durc: $F=6.95/p<0.000$; Fdom: $F=19.83/p<0.000$; Fmin: $F=69.98/p<0.000$; Fmax: $F=55.49/p<0.000$; Famp: $F=33.05/p<0.000$; Intc: $F=2.92/p<0.000$) e, com o objetivo de verificar a degradação e atenuação a partir de diferenças nos parâmetros acústicos ao longo de diferentes distâncias em diferentes áreas (Floresta com Araucária e campos naturais), foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (Gotelli & Elisson 2010), onde os parâmetros acústicos sob efeito da degradação (Durc, Fdom, Fmin, Fmax, Famp) e da atenuação (Intc) foram as variáveis dependentes.

Para verificar se existe diferença entre as distâncias em cada área (campos naturais e Floresta com Araucária) em relação aos parâmetros acústicos sob efeito da degradação (D_{urc}, F_{dom}, F_{min}, F_{max}, F_{amp}) e da atenuação (I_{ntc}), foram efetuadas análises de similaridade (ANOSIM), a partir de matrizes onde as linhas eram representadas por cada parâmetro acústico e as colunas eram representadas pelas distâncias em cada área (Floresta com Araucária e campos naturais). A ANOSIM é um teste não paramétrico que mede a diferença entre dois ou mais grupos, a partir de qualquer medida de distância, que são convertidas em postos e comparadas dentro e entre grupos (Clarke 1993). Por se tratar do uso de uma matriz contendo dados quantitativos contínuos brutos, utilizamos o índice de similaridade de Bray-Curtis (Valentin 2012). Este índice não leva em conta as duplas ausências e é fortemente influenciada pelos valores dominantes, sendo que valores raros pouco acrescentam na análise (Valentin 2012).

Foi feita uma análise de componentes principais (PCA) para ordenar os descritores de micro-habitat, com a utilização do método de Broken-Stick para a retenção dos componentes gerados (Gotelli & Elisson 2010). A PCA determina, a partir de uma matriz de correlações, um conjunto de eixos perpendiculares em que o resultado é um sistema reduzido de coordenadas com informações ecológicas nas amostras (Valentin 2012).

Para verificar se os parâmetros acústicos gravados em diferentes distâncias de diferentes áreas (Floresta com Araucária e campos naturais) sofrem influência das variáveis de micro-habitat, foi realizada uma análise de covariância (ANCOVA). A ANCOVA tem como objetivo melhorar o poder explicativo de uma análise estatística através da redução da variância do erro e além de equiparar os grupos comparados (Owen & Froman 1998), além disso seu uso possibilita eliminar variáveis não medidas capazes de confundir os resultados (Field 2009). Para efetuar a ANCOVA, os parâmetros acústicos analisados foram as variáveis dependentes, as diferentes

distâncias nas diferentes áreas (Floresta com Araucária e campos naturais) foram os fatores e os eixos retidos na PCA foram as covariáveis.

O cálculo do índice de Bray-Curtis, a ANOSIM e a PCA foram realizados no programa computacional PAST (Hammer et al. 2001). Os testes de Shapiro-Wilk, de Levene, de Kruskal-Wallis e a ANCOVA foram realizados no ambiente R v. 3.1.2 (R Development Core Team 2017). Para a realização da ANCOVA, foi utilizado o pacote “*car*” (Fox & Weisberg 2011).

RESULTADOS

Foi confirmada a ocorrência de degradação (Durc: $p<0,000$; $H=35,49$; Fdom: $p<0,000$; $H=74,10$; Fmin: $p<0,000$; $H=550,52$; Fmax: $p<0,000$; $H=527,13$; Famp: $p<0,000$; $H=710,16$) e atenuação (Intc: $p<0,000$; $H=615,29$), a partir de diferenças nos parâmetros acústicos ao longo de diferentes distâncias em diferentes áreas (Floresta com Araucária e campos naturais) (Fig. 2 e 3).

Além disso, foi constada que existe diferença na degradação (Durc – ANOSIM: $p<0,0001/R=0,0538$; Fdom – ANOSIM: $p<0,0001/R=0,04215$; Fmin – ANOSIM: $p<0,0001/R=0,2905$; Fmax – ANOSIM: $p<0,0001/R=0,3746$; Famp – ANOSIM: $p<0,0001/R=0,4369$) e na atenuação (Intc – ANOSIM: $p<0,0001/R=0,3649$) dos parâmetros acústicos entre as distâncias de diferentes áreas (Floresta com Araucária e campos naturais). A avaliação visual dos espectrogramas e oscilogramas mostrou que a ocorrência de atenuação é mais evidente em ambientes inseridos em área de campos naturais (Fig.4), enquanto que a degradação é mais evidente em ambientes inseridos em área de Floresta com Araucária (Fig.5)

Apenas um eixo foi retido pela PCA, contendo as variáveis porcentagem de vegetação (PV) e tipos de vegetação (TV) (Fig.6). Essas variáveis foram responsáveis por 41% da variação total dos dados de micro-habitat, além de influenciarem a degradação dos parâmetros acústicos Durc ($F=21,69$; $p<0,000$), Fmin ($F=22,5$; $p<0,000$), Fmax ($F=23,13$; $p<0,000$) e Famp

($F=6,35$; $p=0,01$). Entretanto, elas não tiveram efeito na degradação de F_{dom} ($F=0,27$; $p=0,60$), nem na atenuação de I_{ntc} ($F=0,47$; $p=0,48$).

DISCUSSÃO

Durante a comunicação acústica os sinais emitidos estão sujeitos aos processos de atenuação e degradação acústica (Morton, 1975; Wiley & Richards, 1978). Em anfíbios anuros esses processos já foram constatados, de modo que os parâmetros acústicos diferem ao longo de diferentes distâncias (Ryan & Kime 2002; Ziegler et al. 2011; Velásquez et al. 2018). Os resultados encontrados no presente estudo corroboram estes trabalhos, uma vez confirmadas as ocorrências de atenuação e degradação acústica na vocalização de *Dendropsophus minutus*.

Tanto o processo de atenuação, como o de degradação acústica ocorrem de maneira diferente em ambientes estruturalmente distintos (Feng & Schul 2006; Kuczynski et al. 2010), sendo maiores em ambientes de áreas florestais (Morton 1975, Bosch & De la Riva 2004; Weir et al., 2012). Entretanto, os resultados obtidos no presente estudo concordam apenas com o primeiro fato descrito acima, uma vez que a atenuação acústica foi, visualmente, mais evidente na área de campos naturais do que na Floresta com Araucária. Quando emitidos, os parâmetros acústicos de uma vocalização são filtrados pelas características do ambiente (Hansen 1979), talvez em ambientes em área de campos naturais a intensidade da vocalização de *D. minutus* seja mais retida nesta filtragem pelas características do ambiente, do que os demais parâmetros acústicos. Isso pode estar associado ao fato de que, devido ao espaçamento entre árvores, o som em ambientes florestais não sofre uma redução significativa de intensidade quando propagado; já em ambientes campestres, devido a densidade da vegetação (e.g arbustos, herbáceas), o som seria mais atenuado (Attenborough 2014). Além disso, uma vez que as frequências de um determinado sinal acústico afetam sua propagação (Everest & Pohlmann 2015) e que

vocalizações de alta frequência sofrem maiores atenuações em relação às vocalizações de baixa frequência (Boncoraglio & Saino 2007), então talvez a vocalização de alta frequência emitida por *D. minutus* tenha menor eficiência de propagação em área de campos naturais devido às maiores atenuações em relação à área de Floresta com Araucária.

As constatações referentes as diferenças na ocorrência de atenuação e degradação acústicas em diferentes distâncias de diferentes áreas na vocalização de *D. minutus*, só puderam ser feitas pela visualização e análise dos oscilogramas. Oscilogramas apresentam informações com maior precisão sobre os sinais acústicos do que os espectrogramas (Zollinger et al. 2012). Ainda que os espectrogramas sejam mais utilizados para visualizar sinais acústicos, eles podem não ser tão adequados para análises de parâmetros acústicos. De acordo com Zollinger et al. (2012), espectrogramas não representam de maneira precisa as relações entre tempo e frequência, além de expressarem a variação na amplitude de maneira relativa devido à ausência de calibração para valores de intensidade. Além disso, a resolução das transformações de Fourier (FFT) presentes nas janelas de análise dos espectrogramas podem ser ajustadas manualmente (Everest & Pohlmann 2015), podendo gerar falsas inferências temporais ou espectrais. Quando há um aumento em FFT, perde-se a resolução dos parâmetros temporais exibidos, quando há uma diminuição em FFT ocorre perda de resolução nas frequências exibidas (Zollinger et al. 2012).

As vocalizações de *D. minutus* ao longo das distâncias nas diferentes áreas apresentaram variação dos parâmetros espectrais: frequência mínima, frequência dominante, frequência máxima e amplitude de frequência. Isso, provavelmente, está associado a composição do canto em relação aos harmônicos presentes nas notas. As vocalizações de *D. minutus* podem ser compostas por até três tipos de notas (A, B e C), podendo variar em composição (ex. A, AB, ABCC, BCC, AC) e contendo harmônicos (Morais et. al. 2012; Toledo et al. 2014). As

alterações da distância nas diferentes áreas podem ter reduzido a amplitude de modo que afetam os harmônicos presentes nas notas das vocalizações, causando variação na frequência mínima, na frequência dominante, na frequência máxima e na amplitude de frequência.

Variações na amplitude de frequência das vocalizações apresentam consequências para os machos. Sinais acústicos com altas amplitudes de frequência permitem uma melhor localização do macho no ambiente (Bosch & De la Riva 2004). Em contrapartida, sinais acústicos com baixas amplitudes de frequência apresentam menores taxas de interferência, além de favorecem as fêmeas na escolha de seus parceiros (Ryan & Kime 2002; Kuczynski et al. 2010). No presente estudo, em ambientes inseridos em área de campos naturais, as maiores amplitudes de frequência foram registradas nas distâncias de 2 m e 4 m. Já nos ambientes inseridos nas áreas de Floresta com Araucária, as maiores amplitudes de frequência foram registradas nas distâncias de 2 m e 10 m. Isso talvez possa indicar que, especificamente, a 2 m e 4 m em área de campos naturais e a 2 m e 10 m em área de Floresta com Araucária as vocalizações dos machos de *D. minutus* permitam mais que os machos sejam localizados no ambiente, do que favoreça as fêmeas na escolha de um parceiro.

A maioria dos anuros apresentam tamanho reduzido, além de baixa capacidade de deslocamento (Wells 2007). Assim, é de suma importância a condução de estudos na escala de micro-habitat, como apresentado neste estudo e por outros trabalhos (e.g. Röhr & Juncá 2013; Malone et al. 2014; Goutte et al. 2017). Nesta escala, no presente estudo, as variáveis porcentagem de vegetação (PV) e tipos de vegetação (TV) influenciaram a atenuação e a degradação acústica nas vocalizações de *D. minutus* em diferentes distâncias em ambientes inseridos em diferentes áreas (campos naturais e Floresta com Araucária). Diferentes tipos de vegetação produzem diferentes sons que atuam como pressão ambiental capaz de modelar a

vocalização das espécies (Pombal 2010). Além disso, em ambientes com maiores densidades de vegetação, anfíbios tendem a apresentar cantos mais curtos e com menores frequências (Faria 2014). Então, talvez, seja possível sugerir que em micro-habitats onde há maior porcentagem de vegetação e um maior número de tipos de vegetação, as vocalizações são mais afetadas pela atenuação e pela degradação acústica.

CONCLUSÃO

A partir do presente estudo foi possível chegar às seguintes conclusões:

- 1) Ainda que, na literatura, se encontre que tanto a atenuação, como a degradação acústica são maiores em ambientes florestais, isso é apenas em parte correto para a vocalização de *D. minutus* propagada em áreas de campos naturais e de floresta com Araucária. A vegetação, majoritariamente, composta por herbáceas e arbustos densamente agrupados pode ser capaz de reter a intensidade da vocalização desta espécie, mais do que a vegetação formada, principalmente, por espécies vegetais arbóreas.
- 2) Por serem de alta frequência, as vocalizações de *D. minutus* emitidas em área de floresta com Araucária podem ser mais eficientes quando comparadas às vocalizações emitidas em área de campos naturais. Isso ocorre pois, nas áreas de campos naturais a vocalização é mais atenuada.
- 3) Uma vez que as vocalizações foram gravadas em diferentes distâncias, nem sempre a imagem gerada por espectogramas pôde evidenciar o som. Assim, no caso específico deste tipo de estudo, as análises acústicas a partir do oscilograma e do espectro de potência foram mais precisas.

- 4) Os harmônicos das notas presentes na vocalização de *D. minutus* podem ser afetados pela distância de propagação, variação na frequência mínima, na frequência dominante, na frequência máxima e na amplitude de frequência.
- 5) Em diferentes distâncias, a vocalização de *D. minutus* pode ter significados diferentes devido à variação na amplitude de frequência. Ora ela pode sinalizar melhor a posição do macho no ambiente, ora ela pode enviar informações às fêmeas que buscam parceiros.
- 6) Mesmo que tenha sido constatada a degradação acústica da frequência dominante, no presente estudo esse resultado está associado a outro(s) fator(es) diferente das variáveis de micro-habitat aqui utilizadas.

REFERÊNCIAS

- Attenborough K. 2014. Sound propagation in atmosphere. In: Rossing T, editor. Springer Handbook of Acoustics. New York (NY): Springer; p.117–155.
- Boncoraglio G, Saino N. 2007. Habitat structure and the evolution of bird song: a meta analysis of the evidence for the acoustic adaptation hypothesis. *Functional Ecology*. 21:134–142.
- Bosch J, De la Riva I. 2004. Are frog calls modulated by the environment? An analysis with anuran species from Bolivia. *Canadian Journal of Zoology*. 82:880–888.
- Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. 18:117–143.
- Everest FA, Pohlmann KC. 2015. Master Handbook of Acoustics. New York (NY): McGraw-Hill Educational.
- Faria ES. 2014. Evolução da variação intraespecífica em cantos de anúncio de

Allobates sp. Dissertação de Mestrado. Manaus (AM): Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

Feng AS, Schul J. 2006. Sound processing in real-world environments. In: Narins PN, Feng AS, Fay R, Popper AN, editors. *Hearing and Sound Communication in Amphibians*. New York (NY): Springer; p. 324–350.

Field A. 2009. *Descobrimos a estatística usando o SPSS-2*. Porto Alegre (RS): Artmed.

Fox J, Weisberg S. 2011. *An R Companion to Applied Regression*. Thousand Oaks (CA): Sage.

Gerhardt HC, Bee MA. 2006. Recognition and localization of acoustic signals. In: Narins PN, Feng AS, Fay R, Popper AN, editors. *Hearing and Sound Communication in Amphibians*. New York (NY): Springer; p. 113–146.

Gotelli NJ, Ellison AM. 2010. *Princípios de Estatística em Ecologia*. Porto Alegre (RS): Artmed.

Goutte S, Dubois A, Howard SD, Márquez R, Rowley JJJ, Dehling JM, Grandcolas P, Xiong RC, Legendre F. 2018. How the environment shapes animal signals: a test of the acoustic adaptation hypothesis in frogs. *Journal of Evolutionary Biology*. 31(1):148–158.

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001 Past: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1):1–9.

Hansen P. 1979. Vocal learning: its role adapting sound structure to long-distance propagation and a hypothesis on its evolution. *Animal Behavior*. 27:1270–1271.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná (2004) *Plano de manejo do Parque Estadual de Vila Velha*. Curitiba, Paraná, Brasil.

Krebs JR, Davies NB. 1991. An introduction to behavioural ecology. Oxford (UK): Blackwell Scientific Publications.

Kuczynski MC, Vélez A, Schwartz JJ, Bee MA. 2010. Sound transmission and the recognition of temporally degraded sexual advertisement signals in Cope's gray treefrog (*Hyla chrysoscelis*). The Journal of Experimental Biology. 213:2840–2850.

Ligges U, Krey S, Mersmann O, Schnackenberg S. 2016. tuneR: Analysis of music. URL: <http://r-forge.r-project.org/projects/tuner/>.

Maack R. 2012. Geografia física do estado do Paraná. Ponta Grossa(PR): Editora UEPG.

Malone JH, Ribado J, Lemmon EM. 2014. Sensory drive does not explain reproductive character displacement of male acoustic signals in the upland chorus frog (*Pseudacris feriarum*). Evolution. 68(5): 1306–1319.

Manning, A, Dawkins MS. 1992. An introduction to animal behavior. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

Morton ES. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. The American Naturalist. 109:17–34.

Morais, AR, Batista VG, Gambale PG, Signorelli L, Bastos RP. 2012. Acoustic communication in a Neotropical frog (*Dendropsophus minutus*): vocal repertoire, variability and individual discrimination. Herpetological Journal. 22:249–257.

Owen SV, Froman RD. 1998. Focus on qualitative methods uses and abuses of the analysis of covariance. Research in nursing and health. 21(6):557–562.

Parlemo-Neto J, Alves GJ. 2010. A comunicação dos animais. Revista CFMV. 16(49):24–34.

Penna M, Márquez R, Bosch J, Crespo EG. 2006. Nonoptimal propagation of advertisement calls of midwife toads in Iberian habitats. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 119(2):1227–1237.

Podos J. 1997. A performance constraint on the evolution of trilled vocalizations in a songbird family (Passeriformes: Emberizidae). *Evolution*. 51(2):537–551.

Pombal Jr J. 2010. O espaço acústico em uma taxocenose do anuros (Amphibia) do sudeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*. 68(1-2):135–144.

R Core Team. 2017. R: a language and environment for statistical computing. Viena (AUS): R Foundation for Statistical Computing; [accessed 2019 Apr 8]. <http://www.Rproject.org>.

Röhr DL, Juncá FA. 2013. Micro-habitat influence on the advertisement call structure and sound propagation efficiency of *Hypiboas crepitans* (Anura:Hylidae). *Journal of Herpetology*. 47(4):549–554.

Ryan MJ, Kime NM. 2002. Selection on long-distance acoustic signals. In: Simmons AM, Popper AN, Fay RR, editors. *Acoustic Communication*. New York (NY): Springer.

Ryan MJ, Crocoft RB, Wilczynski W. 1990. The role of environmental selection in intraspecific divergence of mate recognition in the cricket frog, *Acris crepitans*. *Evolution*. 44(7):1869–1872.

Sueur J, Aubin T, Simonis C. 2008. Seewave: a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*. 18:213–226.

Toledo LF, Martins, IA, Bruschi DP, Passos MA, Alexandre C, Haddad CFB. 2014. The anuran calling repertoire in the light of social context. *Acta Ethologica*. 1–13.

Valentin JL. 2012. *Ecologia Numérica – Uma Introdução à Análise Multivariada de*

Dados Ecológicos. Rio de Janeiro (RJ): Interciência.

Vauclair J. 1996. Animal cognition: an introduction to modern comparative psychology. New York (NY): Harvard University Press.

Velásquez NA, Moreno-Gómez FN, Brunetti E, Penna M. 2018. The acoustic adaptation hypothesis in a widely distributed South American frog: Southernmost signals propagate better. *Scientific Reports*. 8(6990):1–12.

Wells KD. 2007. The ecology and behavior of amphibians. Chicago (IL):The University of Chicago Press

Weir JT, Wheatcroft DJ, Prince TD. 2012. The role of ecological constraint in driving the evolution of avian song frequency across a latitudinal gradient. *Evolution*. 66(9):2773–2783.

Wiley RH, Richards DG. 1978. Physical constraints on acoustic communication in the atmosphere: implications for the evolution of animal vocalization. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 3:69–94.

Ziegler L, Arim M, Narins PM. 2011. Linking amphibian call structure to the environment: the interplay between phenotypic flexibility and individual attributes. *Behavioral Ecology*. 22:520–526

Zoollinger SA, Podos J, Nemeth E, Goller F, Brumm H. 2012. On the relationship between, and measurement of, amplitude and frequency in birdsong. *Animal Behaviour*. 84(2012):e1–e9.

FIGURAS

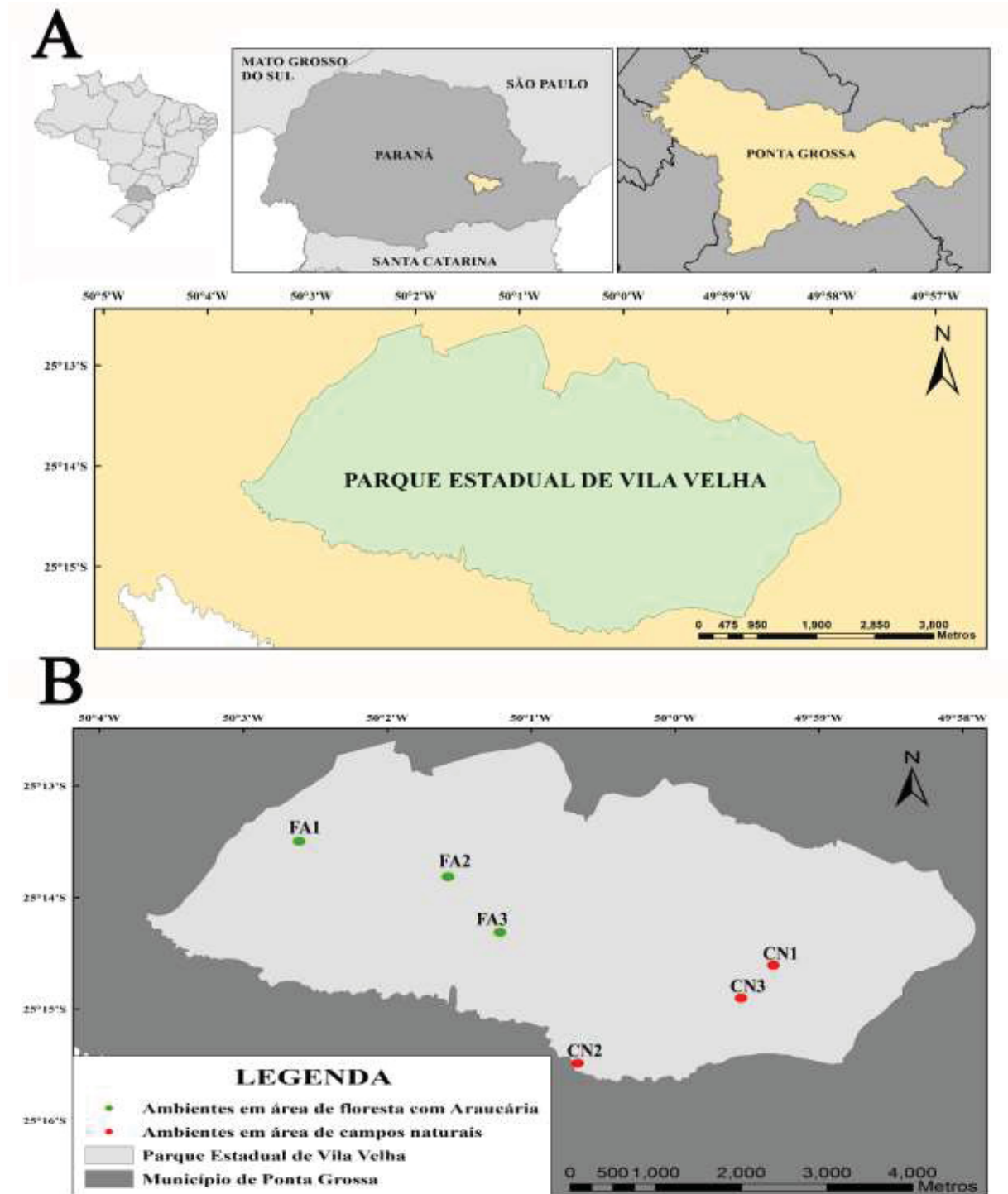


Figura 1. Localização geográfica do (A) Parque Estadual de Vila Velha e (B) dos ambientes amostrados em áreas de campos naturais (CN) e de floresta com Araucária (FA).

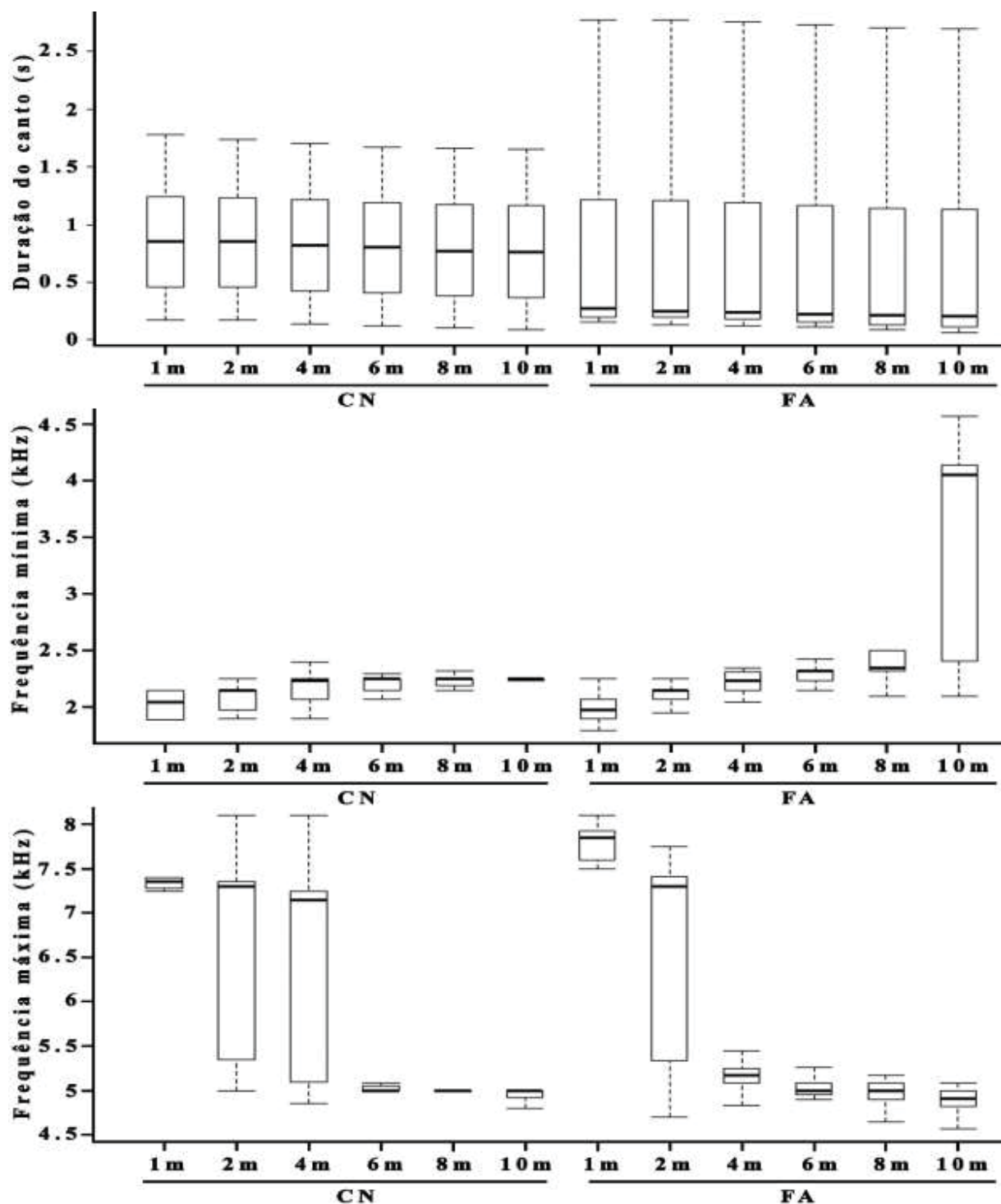


Figura 2. Distribuição das médias, desvio padrão e amplitude dos parâmetros acústicos: duração do canto, frequência mínima e frequência máxima; presentes nas vocalizações de anúncio de *Dendropsophus minutus* gravadas em seis diferentes distâncias de diferentes áreas (campos naturais e Floresta com Araucária). CN = campos naturais; FA = Floresta com Araucária.

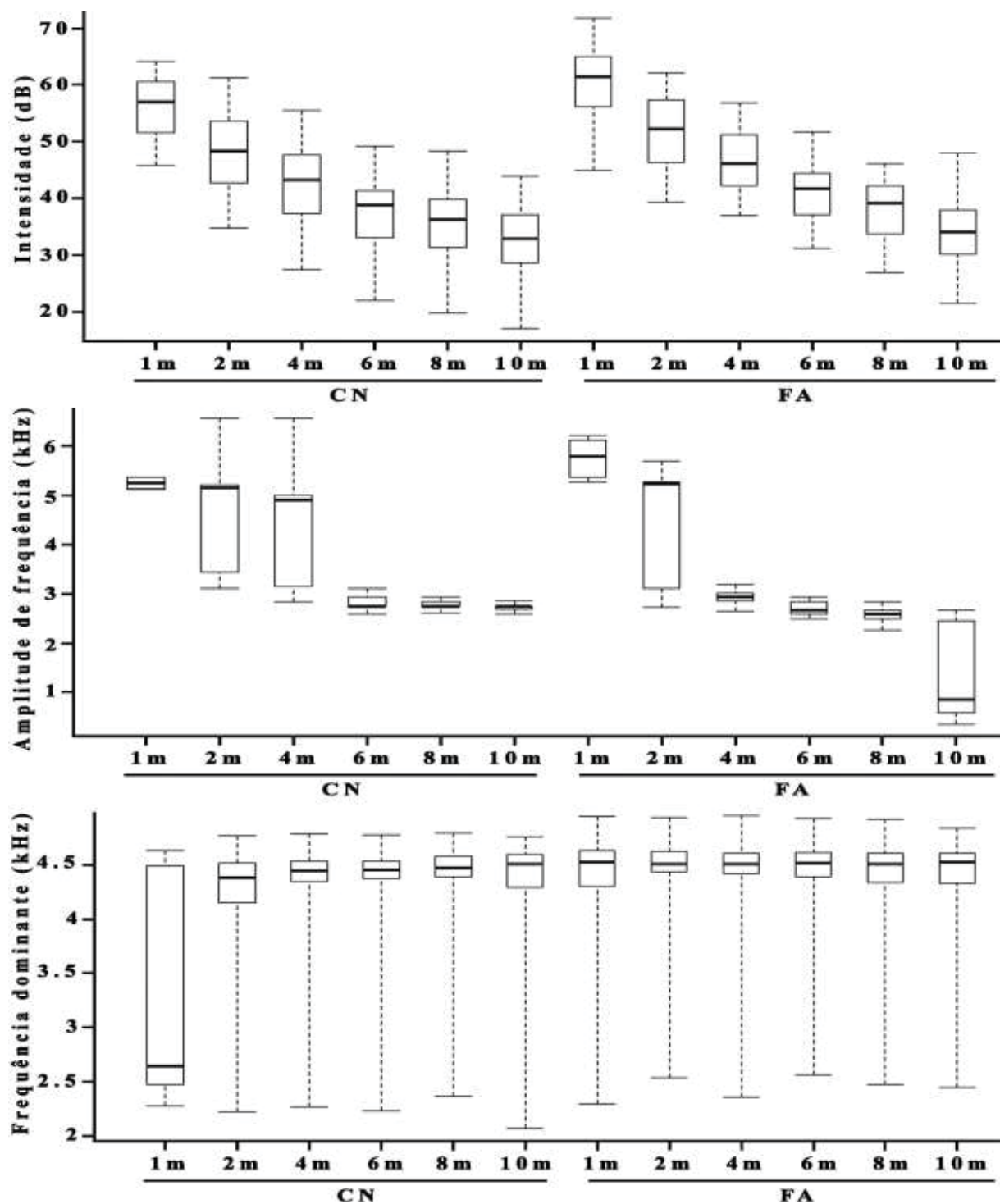


Figura 3. Distribuição das médias, desvio padrão e amplitude dos parâmetros acústicos: intensidade sonora, amplitude de frequência e frequência dominante; presentes nas vocalizações de anúncio de *Dendropsophus minutus* gravadas em seis diferentes distâncias de diferentes áreas (campos naturais e floresta com Araucária). CN = campos naturais; FA = floresta com Araucária.

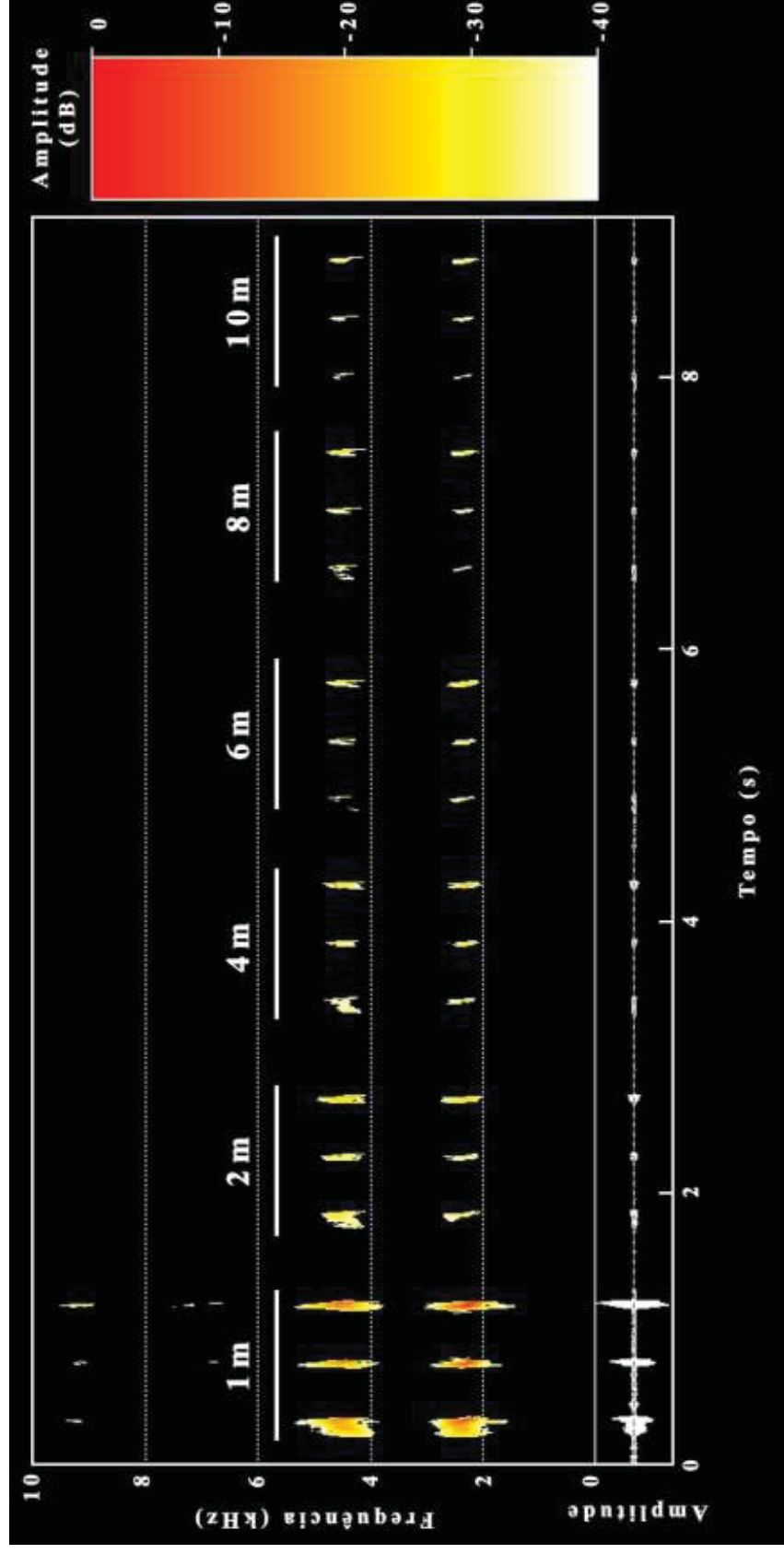


Figura 4. Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) de vocalização de anúncio de *Dendropsophus minutus* gravada a 1 m de distância e reproduzidas em cinco diferentes distâncias (2 m, 4 m, 6 m, 8 m e 10 m) em ambientes inseridos no Parque Estadual de Vila Velha.

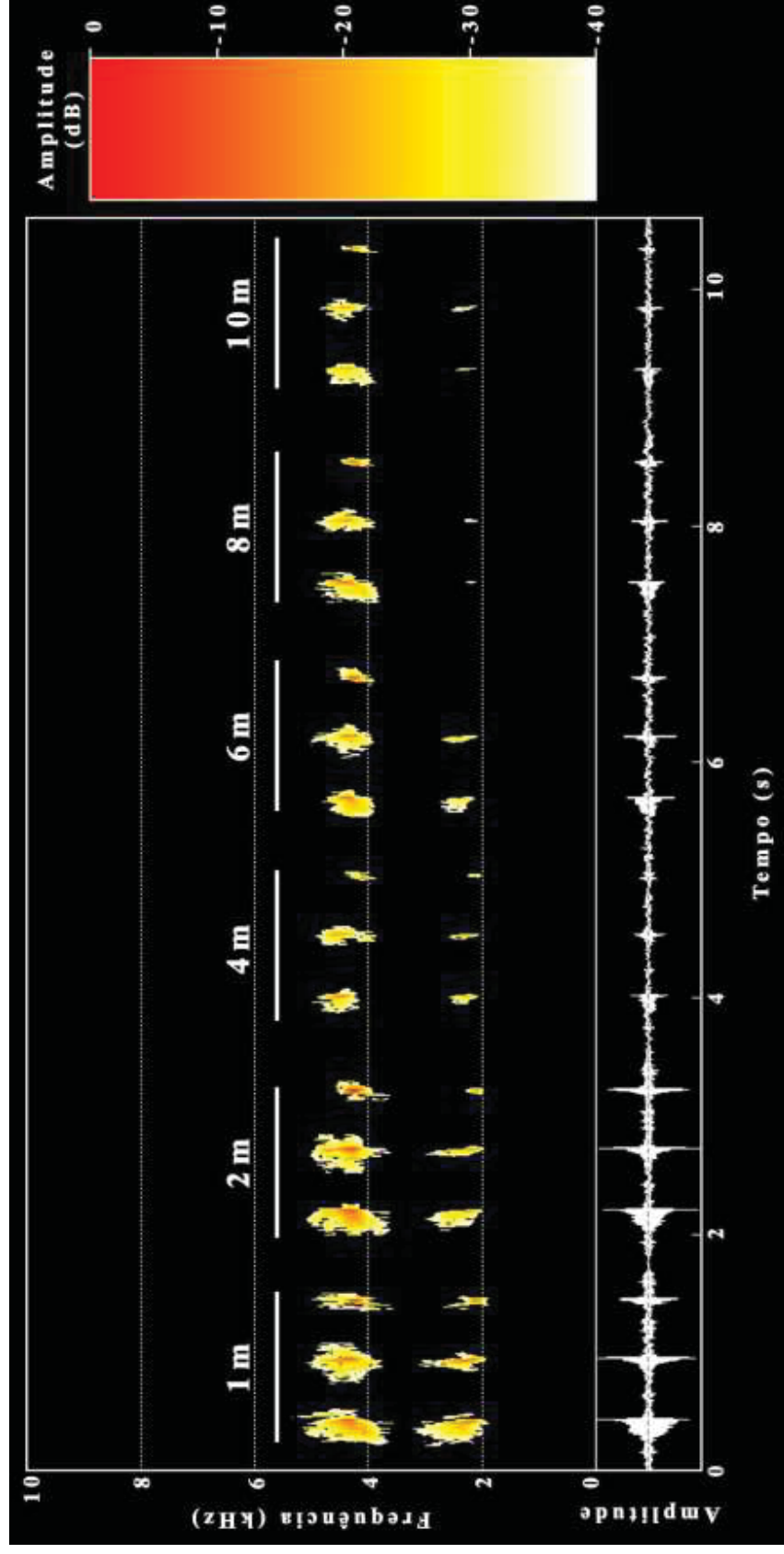


Figura 5. Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) de vocalização de anúncio de *Dendropsophus minutus* gravada a 1 m de distância e reproduzidas em cinco diferentes distâncias (2 m, 4 m, 6 m, 8 m e 10 m) em ambientes inseridos em área de Floresta com Araucária no Parque Estadual de Vila Velha.

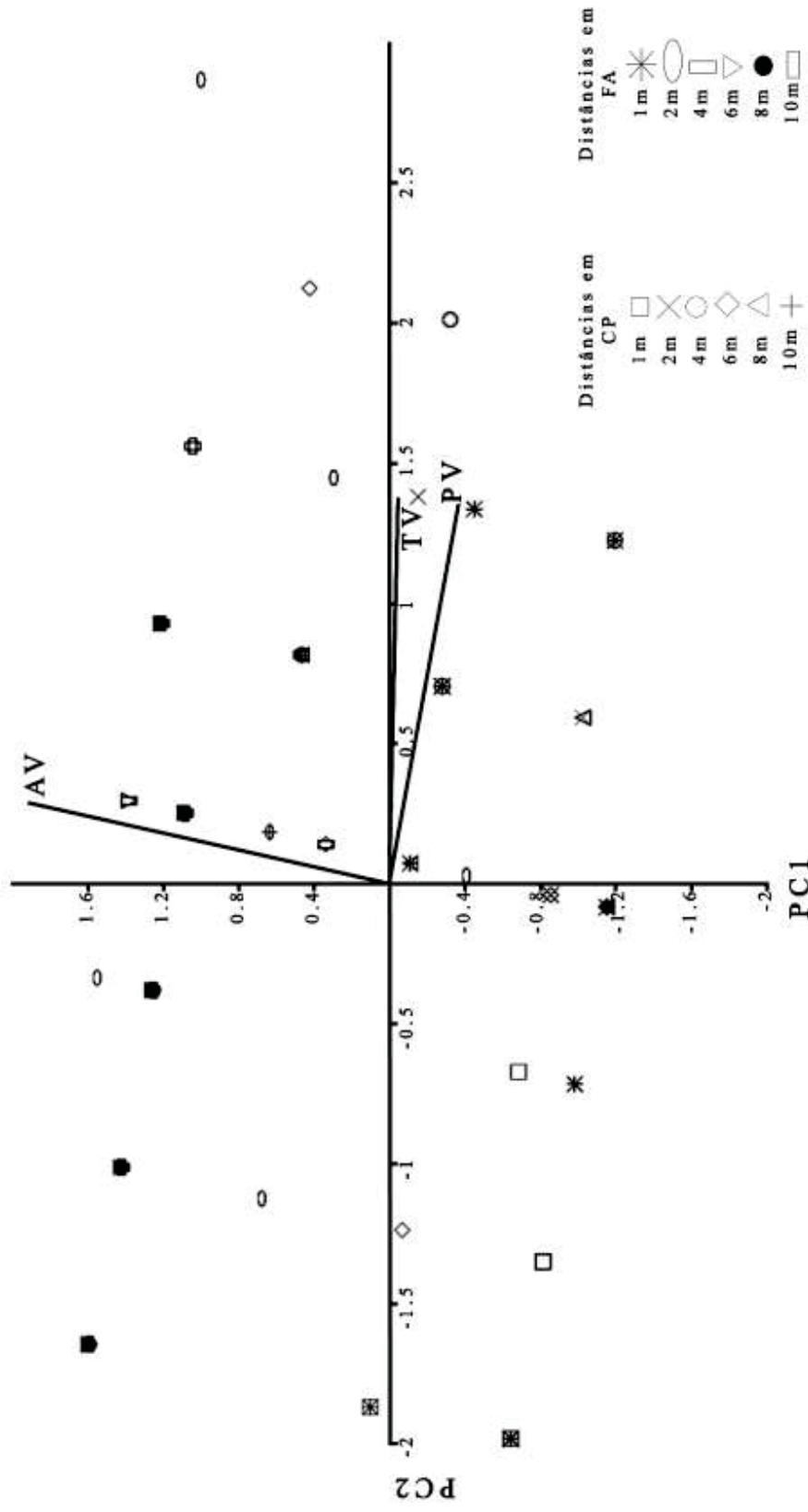


Figura 6 Biplot de caracterização das seis diferentes distâncias de gravação da vocalização de *Dendropsophus minutus* em ambientes inseridos em áreas de campos naturais (CN) e de Floresta com Araucária (FA), baseado no eixo 1 retido na análise de componentes principais PCA pelo método de Broken-Stick.

Capítulo 3³

Diversidade acústica de anfíbios anuros: a utilização de um índice no componente acústico do grupo

Caio Marinho Mello^{a, b}, Carlos Eduardo Conte^{c, d} and Rodrigo Lingnau^{a, e}

^a Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brazil,

^b Grupo de Pesquisa Bioacústica, Ecologia e Comportamento Animal – BECA, Instituto Federal do Paraná, Pinhais, PR, Brazil.

^c Instituto Neotropical: Pesquisa e Conservação, Curitiba, PR, Brazil.

^d Criadouro Onça Pintada, Campinha Grande do Sul, PR, Brazil.

^e Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão, Linha Santa Bárbara, s/n, 85601-970, Francisco Beltrão, PR, Brazil

* Autor para correspondência: Caio Marinho Mello; e-mail: caio.bio2009@hotmail.com

³ Capítulo formatado conforme as normas da revista *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, seguindo as instruções da seção “Instructions for authors” disponíveis em: <https://www.tandfonline.com/action/authorSubmission?show=instructions&journalCode=nnfe20>

RESUMO

A vocalização de anúncio, além de ser o canto mais emitido pelos machos de anuros, é responsável pela atração de fêmeas para reprodução. Atualmente, novas tecnologias permitem estudos capazes de medir a diversidade acústica em anuros a partir desta vocalização. Assim, o objetivo do presente trabalho foi verificar a diversidade acústica de anfíbios anuros inseridos em áreas de floresta com Araucária, campos naturais e borda entre a floresta e os campos. Além disso, foi verificada a influência de variáveis bióticas e acústicas na diversidade acústica e comparada a diversidade acústica com a riqueza, abundância e diversidade de espécies. Foram realizadas amostragens mensais durante um ano, em nove ambientes reprodutivos. Riqueza e abundância de espécies foram coletadas por levantamento em sítio de reprodução para avaliar a diversidade de espécie. Vocalizações foram registradas com gravador digital e microfone unidirecional. Foram utilizados o índice de Shannon (H') e o Índice de Diversidade Acústica (ADI). A influência de variáveis bióticas e acústicas sobre a diversidade acústica, foi verificada através de Modelos Lineares Generalizados (GLM). Riqueza, abundância e ADI foram maiores em área de floresta com Araucária. H' foi maior em área de campos naturais. O número de faixas de frequência ocupadas pela vocalização das espécies influenciou a diversidade acústica. Um aumento no número de faixas ocupadas, geram um aumento na diversidade acústica. Isto pode estar relacionado com, ao menos, três fatores: presença de espécies com vocalizações de alta frequência, influência ambiental sobre as frequências de vocalização, e distribuição das proporções de sinais acústicos entre as faixas de frequência. A maior diversidade de espécies em área de campos naturais pode estar associado favorecimento conferido a espécies generalistas nestas áreas e a importância destas espécies para o índice de Shannon. Maior riqueza e abundância em área de floresta com Araucária pode ser atribuído à estabilidade conferida por ambientes florestais e a presença de micro-habitats utilizados pelas espécies para reprodução.

Palavras-chave: Distribuição de Sinais Acústicos; Ocupação de Faixas de frequência; Índice de Diversidade Acústica; GLM; Diversidade de Espécies.

ABSTRACT

The advertisement call, besides being the most call emitted by anuran males, is the call responsible for the attraction of females for reproduction. Currently, new technologies allow studies capable of measuring acoustic diversity in anurans based on this vocalization. Thus, the objective of the present study was verify the acoustic diversity of anuran amphibians inserted in areas of forest with Araucaria, natural fields and edge between forest and fields. In addition, the influence of biotic and acoustic variables on the acoustic diversity was verified and the acoustic diversity was compared with the richness, abundance and diversity of species. Monthly samplings were carried out in nine reproductive environments. Species richness and abundance were collected by survey at breeding site. Vocalizations were recorded with digital recorder and unidirectional microphone. The Shannon index and the Acoustic Diversity Index were used. The influence of biotic and acoustic variables on acoustic diversity was verified through Generalized Linear Models (GLM). Richness, abundance and acoustic diversity of the species were higher in the Araucaria forest area. The diversity of species was higher in the area of natural fields. The number of frequency bands occupied by species vocalization influenced acoustic diversity. An increase in the number of occupied bands generates an increase in acoustic diversity. This may be related to at least three factors: presence of species with high frequency vocalizations, environmental influence on vocalization frequencies, and distribution of acoustic signal proportions between frequency bands. The higher diversity of species in the natural field area may be associated favoring of generalist species in these areas and the importance of these species to the Shannon index. Higher richness and abundance in the Araucaria forest area can be attributed to the stability conferred by forest environments and the presence of microhabitats used by the species for reproduction.

Keywords: Distribution of acoustic signals; Occupancy of frequency bands; Acoustic Diversity Index; GLM; Diversity of species.

INTRODUÇÃO

Em anfíbios anuros a vocalização de anúncio apresenta grande importância para o grupo por ser responsável pela atração de fêmeas durante os períodos de reprodução e por ser o canto mais emitido pelos machos (Wells 2007). Cada vocalização é espécie-específica, sendo composta de parâmetros temporais e espectrais únicos (Rand 2001). Deste modo, a maioria dos estudos sobre acústica de anuros sempre teve e continua tendo como base este tipo de vocalização.

Em regiões neotropicais, os primeiros estudos que utilizavam a vocalização de anúncio das espécies de anuros tinham propósito taxonômico. As vocalizações eram utilizadas para descrição das espécies, bem como para a diferenciação entre elas, especialmente entre as espécies crípticas (e.g. Barrio 1962, 1964; Bokermann 1966).

Com um aumento no número de vocalizações conhecidas, registradas e descritas, o período entre o fim dos anos de 1970 e o início dos anos de 1990 foi marcado, principalmente, por trabalhos que visavam a compreender as finalidades funcionais, as variabilidades acústicas e os efeitos de interações sociais através da vocalização. Com esses trabalhos compreendeu-se que (a) evolutivamente, a diferença nos cantos entre as espécies ocorre antes da diferença na ocupação dos sítios de vocalização, pois uma vez ocorrida a diferenciação do canto entre as espécies, existe uma maior possibilidade na escolha do sítio de vocalização (Etges 1987), que (b) as variabilidades existentes em cantos de anúncio, aliadas à partilha dos sítios de vocalização são fatores relevantes para a capacidade de regular a interação entre os indivíduos, pois a escolha do sítio de vocalização por cada indivíduo contribui para uma melhor dispersão do canto e reduz as interferências acústicas do ambiente (Hödl 1977; Cardoso & Haddad 1984; Sullivan 1989) e que (c) diferentes espécies vocalizando em uma mesma assembleia podem atuar

como um fator de pressão seletiva, capaz de causar divergências vocais (Penna & Veloso 1990).

Os trabalhos seguintes foram capazes de constatar que o sucesso na reprodução e a diminuição na competição inter e intraespecífica é possível devido aos mecanismos de partilha espacial e acústica (e.g. Cardoso et al. 1989; Rossa-Feres & Jim 2001; Santos & Rossa-Feres 2007; Vasconcelos & Rossa-Feres 2008). Santos & Rossa-Feres (2007) demonstraram que um aumento na capacidade de segregação acústica ocorre quando indivíduos de espécies diferentes ocupam sítios de vocalização específicos. A disponibilidade destes sítios de vocalização sofre influência direta da heterogeneidade ambiental, o que controla ainda mais as taxas de segregação entre as espécies (Vasconcelos & Rossa-Feres 2008). Além disso, as características ambientais também são capazes de exercer influência sobre a estruturação dos parâmetros que compõem os cantos (Bevier et al. 2008).

Devido à alta riqueza de espécies já descritas e presentes na Região Neotropical (e.g. Reynolds & MacMculloch 2012; Crivellari et al. 2014; Agostini et al. 2016) e com a descrição de novas espécies para a região (e.g. Conte et al. 2016; Rocha et al. 2017; De la Riva et al. 2018), os últimos anos foram marcados, principalmente, pela descrição de novas vocalizações (e.g. Bastos et al. 2011; Wen et al. 2012; Díaz-Gutiérrez et al. 2013; Forti et al. 2015). A partir disto, é possível afirmar que a vocalização de anúncio de anuros pode ser utilizada em estudos com os mais diversos objetivos. Entretanto, ainda é possível fazer novos questionamentos envolvendo a vocalização dos anuros, como por exemplo: é possível medir a diversidade acústica do grupo a partir de um índice de diversidade, tal como é feito para a diversidade de espécies (e.g. Ramalho et al. 2014; Da Rocha et al. 2016; Mageski et al. 2017)? Por razões de técnicas de execução, tal pergunta era impossível de ser respondida.

A partir do argumento de que a ecologia de paisagens acústicas era um ramo da tradicional ecologia de paisagens, foi proposta uma agenda de pesquisas visando a desenvolver a área (Pijanowski et al. 2011); entre as propostas estava o desenvolvimento de métodos estatísticos. A partir disso surgiram índices acústicos capazes de medir a diversidade/riqueza acústica de um determinado local (Pijanowski et al. 2011; Pieretti et al. 2011; Villanueva-Rivera et al. 2011; Depraetere et al. 2012), utilizando como base informações acústicas temporais e espectrais. O uso de um índice capaz de medir e comparar a diversidade acústica aplicado a um grupo taxonômico em diferentes áreas, foi reportado para aves (e.g. Depraetere et al. 2012), sendo ausente informações semelhantes sobre a diversidade acústica em anfíbios anuros. Trabalhos que utilizam índices de diversidade acústica em anfíbios anuros, estão, principalmente, relacionados às atividades de monitoramento acústico e levantamento da riqueza de espécies (e.g. Moreno-Gómez *et al.* 2019).

Sendo assim, com base nas informações apresentadas acima, o presente trabalho buscou verificar a diversidade acústica de anfíbios anuros em áreas de Floresta com Araucária, campos naturais e borda entre a floresta e os campos a partir de um índice de diversidade acústica; além de verificar a influência de variáveis bióticas e acústicas na diversidade acústica do grupo e de comparar a diversidade acústica dessas áreas com a riqueza, abundância e diversidade de espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

Localidade de estudo

Os dados foram coletados no Parque Estadual de Vila Velha (PEVV; 25°13'S, 50°01'W – Figura 1A). Com uma área total de 3.803 ha, está localizado no município de Ponta Grossa, região do Segundo Planalto Paranaense. Apresenta uma fitofisionomia

composta por Floresta Ombrófila Mista (= Floresta com Araucária) associada aos campos naturais (Maack 2012). O clima da região do PEVV é Cfb de Köppen, um clima subtropical mesotérmico, úmido, sem estação seca definida, com verões frescos, com média do mês mais quente inferior a 22 °C e média no mês mais frio inferior a 18°C. Apresenta uma média anual de 1.554 mm de precipitação, com início da estação chuvosa em setembro, porém podem ocorrer períodos secos de curta duração durante os meses de novembro e início de dezembro; o mês de janeiro é o mais chuvoso com média de 168 mm, enquanto que agosto é o mês mais seco do ano na unidade com média de 78 mm (IAP 2004).

Coleta de dados

Foram selecionados, com distância mínima entre si de 400m, nove ambientes reprodutivos (Figura 1B) para a coleta de dados de riqueza, abundância e vocalização de anfíbios anuros, sendo: três em área de campos naturais (CN1, CN2 e CN3), três em área de borda entre os campos naturais e a Floresta com Araucária (BD1, BD2 e BD3) e três em área de Floresta com Araucária (FA1, FA2 e FA3).

Para amostrar esses ambientes, foram realizadas 24 fases de campo durante um ano, sendo duas fases por mês, entre maio de 2016 até abril de 2017. Cada fase teve duração de duas noites sendo que, quatro dos ambientes eram amostrados na primeira noite e cinco ambientes eram amostrados na segunda noite. A cada fase, a ordem de amostragem dos ambientes foi diferente, visando a evitar os erros que poderiam surgir devido às variações no período de vocalização das espécies (*sensu* Conte & Rossa-Feres 2007). Além disso, em cada fase, cada ambiente foi amostrado uma única vez para que não houvesse recontagem de indivíduos, evitando pseudo-replicações.

As coletas dos dados de riqueza, abundância e vocalização tinham início as 19:30 e terminavam as 00:30, o que totalizou cinco horas de amostragem por noite, 10

horas por fase e 240 horas ao longo do ano amostrado. Foi utilizado o método de levantamento em sítio de reprodução (*sensu* Scott Jr & Woodward 1994), onde o perímetro de cada corpo d'água foi percorrido lentamente, sendo quantificados todos os machos visualizados e/ou em atividade de vocalização no local, no momento da coleta. A abundância das espécies se deu a partir da consideração do total de registros feitos em todas as fases de campo. Esse procedimento foi adotado pois, de acordo com uma compilação de dados feita por Nomura et al. (2012), o número de indivíduos que estão presentes em mais de um evento reprodutivo pode variar muito entre as espécies, porém é menor do que o número de indivíduos que ocorrem em um único evento; assim, a utilização da abundância total observada possui um menor erro em comparação com o uso do mês de maior registro de indivíduos como estimativa de abundância, como sugerido por alguns autores (Conte & Rossa-Feres 2006; Santos et al. 2008).

As vocalizações de anúncio foram capturadas através de um gravador Marantz PMD-661 digital, acoplado a um microfone unidirecional. A distância de gravação entre o macho em atividade de vocalização e o microfone, variou entre meio e um metro. Para cada espécie ocorrente, buscou-se gravar, pelo menos, cinco vocalizações de, no mínimo três indivíduos de cada um dos ambientes determinados.

Geração de arquivos “.wav”

Quando todas as espécies registradas durante o período de coleta tiveram suas vocalizações gravadas, foram criados nove arquivos “.wav”, sendo um para cada ambiente e contendo três vocalizações de cada espécie gravada ao longo do ano em cada ambiente reprodutivo. A escolha das vocalizações para a criação dos arquivos “.wav” se deu de maneira aleatória. Previamente à criação dos arquivos “.wav”, cada vocalização foi filtrada manualmente para a remoção de possíveis ruídos com amplitude superior à do canto selecionado. Em seguida, as vocalizações filtradas foram normalizadas à

amplitude máxima de 0.00 dB, ajustando a amplitude de gravação para 100%. Esse processo de normalização utiliza o valor do pico de emissão de amplitude máxima como referência e é necessário para que os arquivos de áudio sejam padronizados e possam ser analisados sob os mesmos parâmetros (Llusia et al. 2013). Foram utilizados os softwares Raven® Pro V1.5, Audacity® 2.1.1 e Cool Edit® 96 para os processos de filtragem, normalização e criação dos arquivos “.wav”, respectivamente. Além disso, foram utilizados os pacotes “seewave” (Sueur et al. 2008) e “tuneR” (Ligges et al. 2016) no ambiente R v. 3.4.3 (R Core Team 2017) para a confecção dos espectrogramas e oscilogramas.

Análises estatísticas

A diversidade acústica foi verificada através do cálculo do Índice de Diversidade Acústica – ADI (Pijanowski et al. 2011; Villanueva-Rivera et al. 2011). O ADI é calculado a partir da divisão total do arquivo de áudio em dez faixas de frequência distantes 1.000 Hz entre si e tomando a proporção dos sinais acústicos acima de -50 dB em cada faixa; o resultado se dá a partir da aplicação do índice de Shannon em cada uma destas faixas de frequência dentro do tempo total do arquivo (Pijanowski et al. 2011).

Foi feita uma análise de modelos lineares generalizados – GLM (Nelder and Wedderburn 1972) para verificar a influência de variáveis sobre a diversidade acústica. Para isso, foram utilizadas na construção dos modelos as seguintes variáveis preditoras bióticas e acústicas: riqueza de espécies, número de espécies exclusivas na área onde os ambientes reprodutivos estavam inseridos, faixas de frequência ocupadas, duração total dos arquivos “.wav” e diversidade de espécies (H'). A riqueza de espécies foi utilizada como variável pois, apresenta influência na diversidade de espécies (Conte & Rossa-Feres 2006), então talvez possa influenciar a diversidade acústica. Já o número de

espécies exclusivas em cada área onde foi utilizado pelo fato de a vocalização das espécies ser espécie-específico (Wells 2007) assim, se uma determinada espécie ocorre apenas em um ambiente, talvez sua vocalização possa dar um peso maior à diversidade acústica deste local. O número de faixas de frequência ocupadas em cada ambiente reprodutivo e a duração total dos arquivos “.wav” foram utilizados por serem os principais componentes do ADI (Pijanowski et al. 2011; Villanueva-Rivera et al. 2011). Consideramos como ocupadas, apenas as faixas de frequência cuja proporção dos sinais acústicos acima de -50 dB em cada faixa foi igual ou maior ao valor de 0,01 estipulado pela análise e verificado no “*plot*” de proporção. Já a diversidade de espécies, com base no índice de Shannon Wiener (H'), foi utilizada para verificar se a área com a maior diversidade de espécies, também possui a maior diversidade acústica. O índice de Shannon Wiener (H') considera que os indivíduos são amostrados aleatoriamente e que todas as espécies estão representadas na amostra, além de medir a diversidade em dados categóricos levando em consideração a riqueza de espécies e as espécies dominantes (Magurran 2013). O uso específico deste índice se deu pelo fato de ser o mesmo índice utilizado no cálculo do ADI (Pijanowski et al. 2011). Previamente à análise, devido às suas diferentes escalas e com objetivo de reduzir os efeitos de *outliers* e normalizar os dados, os valores das variáveis foram transformados pela aplicação de raiz quarta e, em seguida, foram colocadas na mesma escala, com média 0 e desvio padrão 1 (Zuur et al. 2010) através da função *deconstand* e com o método *standardize* (Oksanen et al. 2018).

A determinação do modelo que melhor explica a variação na diversidade acústica foi feita com base na classificação dos modelos preditivos através do critério de informação Akaike – AIC (Burnham & Anderson 2002), utilizado como medida de modelo com melhor ajuste.

Todos os cálculos estatísticos foram realizados no ambiente R v. 3.4.3 (R Core Team 2017) com a utilização dos pacotes “*nmle*” (Pinheiro et al. 2017), “*vegan*” (Oksanen et al. 2018), “*soundecology*” (Villanueva-Rivera & Pijanowski 2016).

RESULTADOS

Foram registradas 21 espécies (Tabela I), com a maior riqueza ($n=13$) sendo registrada em área de Floresta com Araucária (Tabela I). Das 21 espécies, seis espécies ocorreram exclusivamente em área de Floresta com Araucária (Tabela I): *Boana bischoffi*, *B. prasina*, *Ololygon aromothyella*, *O. rizibilis*, *Scinax fuscovarius* e *S. perereca*. Apenas uma espécie ocorreu exclusivamente em área de borda entre os campos naturais e a Floresta com Araucária (Tabela I): *Proceratophrys brauni*. Do mesmo modo, apenas uma espécie ocorreu exclusivamente em área de campos naturais (Tabela I): *Odontophrynus americanus*. Com relação à abundância das espécies, foram registrados um total de 4.748 indivíduos (Tabela I). A maior abundância ($n=1.736$) foi registrada em área de Floresta com Araucária. A maior diversidade de espécies foi registrada em área de campos naturais ($H'=1,85$ – Tabela I).

As vocalizações das espécies em área de Floresta com Araucária ocuparam até nove faixas de frequência (Tabela II; Figuras 2 a 5) e, juntas, tiveram duração entre 28,20 e 60,83 segundos (Figuras 3 a 5). As vocalizações das espécies em área de campos naturais ocuparam até seis faixas de frequência (Tabela II; Figuras 2 e 6 a 8) e, juntas, tiveram duração entre 72,36 e 84,13 segundos (Figuras 6 a 8). Já as vocalizações das espécies em área de borda entre os campos naturais e a Floresta com Araucária ocuparam até sete faixas de frequência (Tabela I; Figuras 2 e 9 a 11) e, juntas tiveram duração entre 30,96 e 165,08 segundos (Figuras 9 a 11). A diversidade acústica de anfíbios anuros foi maior em área de Floresta com Araucária ($ADI=2.04$ – Tabela I).

A variação na diversidade acústica entre as áreas é influenciada pelo número de faixas de frequência ocupadas pelas vocalizações das espécies presentes em cada ambiente (Tabela III). De modo que, quanto maior o número faixas de frequência ocupadas pelas vocalizações das espécies, maior será sua diversidade acústica (Figura 12).

DISCUSSÃO

Desde as primeiras publicações sobre as paisagens acústicas (Pijanowski et al. 2011; Villanueva-Rivera et al. 2011), muito já foi feito na área. Os avanços seguiram desde a criação de índices acústicos (e.g. Krause et al. 2011; Depraetere et al. 2012; Sueur et al. 2014), passando pelo monitoramento remoto e avaliação de qualidade da paisagem acústica (e.g. Kuehne et al. 2013; Tucker et al. 2014; Piercy et al. 2014; Merchan et al. 2014;) e de grupos de espécies (e.g. Rodriguez et al. 2014; Towsey et al. 2014), até o surgimento de uma nova vertente de estudo em ecologia: a ecologia acústica (Sueur & Farina 2015). Com relação aos índices criados, estes são utilizados principalmente para avaliar ou monitorar a diversidade acústica em aves (e.g. Depraetere et al. 2012; Myers et al. 2019). Recentemente, Moreno-Gómez et al. (2019) utilizaram índices acústicos para medir a diversidade acústica em anuros. Entretanto, o objetivo dos autores foi utilizar os índices de diversidade acústica como um *proxy* de riqueza para avaliar a eficácia do monitoramento acústico passivo na detecção de espécies em diferentes horas do dia e não comparar a diversidade acústica de anuros.

A maior diversidade acústica encontrada em área de Floresta com Araucária está relacionada, positivamente, ao número de faixas de frequência ocupadas pelas vocalizações das espécies. Essa diversidade acústica maior na floresta, quando comparada com a borda ou campo natural, pode estar associada com pelo menos três

fatores: (1) presença de espécies com frequências superiores a 6.000 Hz, (2) influência do ambiente e (3) a distribuição das proporções de sinais acústicos acima de -50 dB.

Todas as áreas no presente estudo apresentaram vocalizações com frequências até 6.000 Hz, porém, apenas na área de Floresta com Araucária frequências superiores foram atingidas. Nesta área a presença de *Ololygon aromothyella* pode explicar este fato. Esta espécie emite cantos que variam de 1.477–8.777 Hz (nota curta) a 1.513–9.109 Hz (nota trinada) (Pereyra et al. 2012), ocupando, em média, até nove faixas de frequência. Isso indica que a presença de espécies, com vocalizações que alcancem frequências mais altas, em um determinado ambiente, podem contribuir para uma maior diversidade acústica.

Em relação à influência do ambiente, como já descrito no capítulo 2 da presente tese, deve-se ressaltar que em áreas abertas, sinais acústicos de baixa frequência emitidos pelos anfíbios são favorecidos, em relação aos sinais de alta frequência, devido às menores taxas de atenuação a qual são submetidos (Castellano et al. 2003; Narins et al. 2006). Deste modo, pode-se concluir que em ambientes florestais, como a Floresta com Araucária, a presença de sinais acústicos de alta frequência emitidos por anuros seria favorecida, em relação as vocalizações de baixa frequência e assim, frequências mais altas presentes em áreas florestais podem contribuir para uma maior diversidade acústica da área.

O terceiro fator seria a distribuição das proporções de sinais acústicos acima de -50 dB. Na área de Floresta com Araucária há uma distribuição mais igualitária das proporções de sinais acústicos entre as 10 faixas de frequência, quando comparada com as áreas de campos naturais e de borda entre a Floresta com Araucária e os campos naturais. Nestas duas últimas áreas é nítida que há uma desigualdade de distribuição dessas proporções, geralmente sendo maiores de 1.000–2.000 Hz ou de 3.000–4.000 Hz.

Essa alta concentração em poucas faixas de frequência influencia o cálculo da diversidade acústica, diminuindo o valor do índice, pois poucas faixas de frequência têm altas concentrações de proporções dos sinais acústicos acima de -50 dB (Pijanowski et al. 2011; Villanueva-Rivera et al., 2011). Assim, talvez seja possível concluir que: quanto mais igualitária a distribuição das proporções de sinais acústicos acima de -50 dB, dentro de um maior número de faixas de frequência, maior será a diversidade acústica de uma determinada área.

Ao contrário da diversidade acústica, a diversidade de espécies foi maior em área de campos naturais. Esse resultado pode ter relação com a matriz de campos naturais e com a aplicação do índice de Shannon. As áreas de campos no sul do Brasil apresentam instabilidade climática (Overbeck et al. 2009). Eventos deste tipo representam distúrbios que favorecem a colonização por dominância, onde muitos indivíduos de poucas espécies se estabelecem no ambiente (Townsend et al. 2010). No caso da área de campos naturais do presente estudo, um distúrbio iria favorecer as espécies generalistas ocorrendo em altas abundâncias, como por exemplo *Dendropsophus minutus* (Melo et al. 2013; Crivellari et al. 2014). Uma vez que o índice de Shannon leva em consideração a riqueza de espécies e as espécies dominantes da amostra (Magurran 2013), então sua aplicação na área de campos naturais do presente estudo, onde espécies generalistas ocorreram em altas abundâncias, gerou um maior valor de diversidade para esta área.

Com relação aos valores de riqueza e abundância, ambos foram maiores em área de Floresta com Araucária. Isso pode ter relação com a cobertura vegetal da área. Áreas florestais apresentam maior possibilidade de estabilidade tanto para a riqueza como para a abundância, devido as baixas taxas de perturbação, quando comparadas com áreas abertas (Townsend et al. 2010). Na região dos campos sulinos do Brasil, isso é

particularmente verdade, uma vez áreas de campos sofrem altas taxas de perturbação, como por exemplo, efeito de geadas e uso de queima controlada dos campos (Overbeck et al. 2009). Além disso, coberturas vegetais florestais conferem microambientes específicos utilizados na reprodução (Bertoluci et al. 2007), o que favorece a ocorrência de determinadas espécies em áreas florestais, contribuindo para a riqueza da área. Na área de Floresta com Araucária do presente estudo podemos citar a presença de *Phyllomedusa tetraploidea*, que apresenta ovos depositados em folhas sobre os corpos d'água (Haddad & Prado 2005).

CONCLUSÃO

A partir do presente estudo foi possível chegar às seguintes conclusões:

- 1) A utilização de um índice de diversidade acústica foi utilizada pela primeira vez com a intenção de avaliar e comparar a diversidade acústica de anfíbios anuros em diferentes áreas.
- 2) Ainda que o canto de anfíbios anuros seja espécie-específico, a diversidade acústica não acompanha a riqueza de espécies, ou seja: locais com uma maior riqueza de espécies podem não ter uma maior diversidade acústica. O mesmo ocorre para a diversidade de espécies: áreas com maior diversidade de espécies não possuem, necessariamente, a maior diversidade acústica.
- 3) No caso dos anuros, a diversidade acústica se mostrou associada à ocupação das faixas de frequência pela vocalização das espécies, ou seja: áreas onde as vocalizações atinjam frequências mais altas, serão aquelas que possuirão uma maior diversidade acústica.

REFERÊNCIAS

- Agostini MG, Saibene PE, Roesler I, Bilenca D. 2016. Amphibians of northwestern Buenos Aires province, Argentina: checklist, range extensions and comments on conservation. Check List. [accessed 2019 Apr 09]:[10 p]. <http://dx.doi.org/10.15560/12.6.1998>.
- Barrio A. 1962. Los Hylidae de Punta Lara, Provincia de Buenos Aires. Observaciones sistemáticas, ecológicas y análisis espectrográfico del canto. Phycis. 23:129–142.
- Barrio A. 1964. Especies crípticas del género *Pleurodema* que conviven em uma mesma área, identificadas por el canto nupcial (Anura, Leptodactylidae). Physus. 24:471–489.
- Bastos RP, Signorelli L, Morais AR, Costa TB, Lima LP, Pombal Jr JP. 2011. Advertisement calls of three anuran species (Amphibia) from the Cerrado, Central Brazil. S Am J Herpetol. 6(2):67–72.
- Bevier CR, Gomes FR, Navas AC. 2008. Variation in call structure and calling behavior in treefrogs of the genus *Scinax*. S Am J Herpetol. 3(3):196–206.
- Bokermann, WCA. 1966. Dos nuevas especies de *Physalaemus* do Espírito Santo, Brasil (Amphibia, Leptodactylidae). Physis. 26(71):193–202.
- Burnham KP, Anderson DR. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. New York (NY): Springer.
- Cardoso AJ, Haddad CFB. 1984. Variabilidade acústica em diferentes populações e interações agressivas em *Hyla minuta* (Amphibia, Anura). Cien Cult. 36:1393–1399
- Cardoso AJ, Andrade GV, Haddad CFB. 1989. Distribuição espacial em comunidades de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. Rev Bras Biol. 49:241–

- Castellano S, Giacoma C, Ryan MJ. 2003. Call degradation in diploid and tetraploid green toads. *Biol J Linn Soc.* 78:11–26.
- Conte CE, Rossa-Feres DC. 2006. Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhás, Paraná, Brasil. *Rev Bras Zool.* 23(1):162–175.
- Conte CE, Rossa-Feres DC. 2007. Riqueza e distribuição espaço-temporal de anuros em remanescentes de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. *Rev Bras Zool.* 24(4):1025–1037.
- Conte CE, Araujo-Vieira K, Crivellari LB, Berneck BVM. 2016. A new species of *Scinax* Wagler (Anura: Hylidae) from Paraná, Southern Brazil. *Zootaxa.* 4193(2):245–265.
- Crivellari LB, Leivas PT, Leite JCM, Goncalves DS, Mello CM, Rossa-Feres DC, Conte CE. 2014. Amphibians of grasslands in the state of Paraná, southern Brazil (*Campos Sulinos*). *Herpetol Notes.* 7:639–654.
- Da Rocha MM, Ribeiro CF, Garcez RCS. 2016. Riqueza e abundância de anuros (Amphibia) em áreas de pastagem e de floresta secundária próxima a Porto Velho (Rondônia, Brasil). *Rev Colomb Cienc Anim.* 8(1):7–13.
- De la Riva I, Chaparro JC, Castroviejo-Fisher S, Padial JM. 2018. Underestimated anuran radiation in the high Andes: five new species and a new genus of Holoadeninae, and their phylogenetic relationships (Anura: Craugastoridae). *Zool J Linn Soc.* 182(1):129–172.
- Depraetere M, Pavoine S, Jiguet F, Gasc A, Duvail S, Sueur J. 2012. Monitoring animal diversity using acoustic indices: Implementation in a temperate woodland.

- Díaz-Gutiérrez N, Vargas-Salinas F, Rivera-Correa M, Rojas-Morales JA, Escobar-Lasso S, Velasco JA, Gutiérrez-Cárdenas JDA, Amézquita A. 2013. Description of previously unknown advertisement call and tadpole of Colombian endemic glassfrog *Cenrolene savagei* (Anura: Centrolenidae). *Zootaxa*. 3686(2):289–296.
- Etges WJ. 1987. Call site choice in male anurans. *Copeia*. 1987:910-923.
- Forti LR, Márquez R, Bertoluci J. 2015. Advertisement call of *Dendropsophus microps* (Anura: Hylidae) from two populations from southeastern Brazil. *Zool.* 32(3):187–194.
- Hödl W. 1977. Call differences and calling site segregation in anuran species from central Amazonian floating meadows. *Oecologia*. 28:351–363.
- [IAP] Instituto Ambiental do Paraná (BR). 2004. Plano de manejo do Parque Estadual de Vila Velha. Curitiba (PR).
- Krause B, Gage SH, Joo W. 2011. Measuring and interpreting the temporal variability in the soundscape at four places in Sequoia National Park. *Landsc Ecol.* [accessed 2019 Apr 10]:[10 p.]. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9639-6>.
- Kuehne LM, Padgham BL, Olden JD. 2013. The soundscapes of lakes across an urbanization gradient. *PLoS ONE*. [accessed 2019 Apr 10]:[10 p.]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055661>.
- Ligges U, Krey S, Mersmann O, Schnackenberg S. 2016. tuner: Analysis of music. [R package]. [accessed 2018 Apr 25]. <http://r-forge.r-project.org/projects/tuner>.
- Llusia D, Gómez M, Penna M, Márquez R. 2013. Call transmission efficiency in native and invasive anurans: competing hypotheses of divergence in acoustic signals. *PLoS ONE*. [accessed 2019 Apr 10]:[16 p.]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077312>.

- Maack R. 2012. Geografia física do estado do Paraná. Ponta Grossa (PR): Editora UEPG.
- Mageski M, Ferreira RB, Costa LCD, Jesus PR, Ferreira PD. 2017. Frog assemblage associated with bromeliads in a sandy coastal plain in the state of Espírito Santo, Southeastern Brazil. Pap Avul Zool. 57(34):445–449.
- Magurran AE. 2013. Medindo a diversidade biológica. Curitiba (PR): Editora UFPR.
- Merchan CI, Diaz-Balteiro L, Soliño M. 2014. Noise pollution in national parks: Soundscape and economic valuation. Landsc Urban Plan. 12:1–9.
- Moreno-Gómez FN, Bartheld J, Silva-Escobar AA, Briones R, Márquez R, Penna M. 2019. Evaluating acoustic indices in the Valdivian rainforest, a biodiversity hotspot in South America. Ecol Indic. 103(2019):1–8.
- Nelder JA, Wedderburn RWM. 1972. Generalized Linear Models. J R Stat Soc. 135(3):370–384.
- Nomura F, Maciel NM, Pereira EB, Bastos RP. 2012. Diversidade de anuros (Amphibia) em áreas recuperadas de atividade mineradora no Cerrado e de plantio de *Eucalyptus urophylla* no Brasil Central. Biosci J. 28(2):312–324.
- Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlinn D, Minchin PR, O'hara RB, Simpson GL, Solymos P, et al. 2018. vegan: Community Ecology Package. [R package]. Version 2.4–6. [accessed 2018 Apr 25]. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Penna M, Veloso A. 1990. Vocal diversity in frogs of the South American temperate forest. J Herpetol. 24:23–33.
- Pereyra MO, Borteiro C, Baldo D, Kolenc F, Conte CE. 2012. Advertisement call of the closely related species *Scinax aromothyella* Faivovich 2005 and *S. berthae*

- (Barrio 1962), with comments on the complex calls in the *S. catharinae* group. Herpetol J. 22:133–137.
- Piercy JJB, Codling EA, Hill AJ, Smith DJ, Simpson SD. 2014. Habitat quality affects sound production and likely distance of detection on coral reefs. Mar Ecol Prog Ser. 516:35–47.
- Pieretti N, Farina A, Morri D. 2011. A new methodology to infer the singing activity of na avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI). Ecol Indic. 11:868–873.
- Pijanowski BC, Villanueva-Rivera LJ, Dumyahn SL, Farina A, Krause BL, Napoletano BM, Gage SH, Pieretti N. 2011. Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. Biosci. 61(3):203–216.
- Pinheiro J, Bates D, Debroy S, Sakar D, R Core Team. 2017. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. [R package]. Version 3.1–131. [accessed 2018 Apr 25]. <http://CRAN.Rproject.org/package=nlme>.
- R Core Team. 2017. R: a language and environment for statistical computing. Vienna (AT): R Foundation for Statistical Computing. [accessed 2018 Apr 25]. <http://www.R-project.org/>.
- Ramalho WP, Batista VG, Lozi LRP. 2014. Anfíbios e répteis do médio rio Aporé, estados de Mato Grosso do Sul e Goiás, Brasil. Neotrop Biol Conserv. 9(3):147–160.
- Rand AS. 2001. A history of frog call studies 405B.C. to 1980. In: Ryan MJ, editor. Anuran Communication. 1st ed. Washington (WA): Smithsonian Institution Press; p. 8–19.
- Reynolds RP, MacCulloch RD. 2012. Preliminary checklist of amphibians and reptiles from Baramita, Guyana. Check List. 8(2):211–214.

- Rocha PC, Sena LMF, Pezzuti TL, Leite FSF, Svartman M, Rosset SD, Baldo D, Garcia PCA. 2017. A new diploid species belonging to the *Odontophrynus americanus* species group (Anura: Odontophrynidae) from the Espinhaço range, Brazil. *Zootaxa*. 4329(4):327–350.
- Rodriguez A, Gasc A, Pavoine S, Grandcolas P, Gaucher P, Sueur J. 2014. Temporal and spatial variability of animal sound within a neotropical forest. *Ecol Inform*. 21:133–143.
- Rossa-Feres DC, Jim J. 2001 Similaridade do sítio de vocalização em uma comunidade de anfíbios anuros na região noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Rev Bras Zool*. 18:439–454.
- Santos TG, Rossa-Feres DC. 2007. Similarities in calling site and advertisement call among anuran amphibians in Southeastern Brazil. *S Am J Herpetol*. 2:17–30.
- Santos TG, Kopp K, Spies MR, Trevisan R, Cechin SZ. 2008. Distribuição temporal e espacial de anuros em área de Pampa, Santa Maria, RS. *Iheringia: Ser Zool*. 98(2):244–253.
- Scott Jr NJ, Woodward BD. 1994. Surveys at breeding. In: Heyer WR, Donnelly MA, McDiarmid RW, Hayek LAC, Foster M, editors. *Measuring and Monitoring Biological Diversity – Standard Methods for Amphibians*. 1st ed. Washington (WA): Smithsonian Institution Press; p. 118–125.
- Sueur J, Aubin T, Simonis C. 2008. Seewave: a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*. 18:213–226.
- Sueur J, Farina A. 2015. Ecoacoustics: the ecological investigation and interpretation of environmental sound. *Biosemitotics*. 8(3): 493–502.
- Sueur J, Farina A, Gasc A, Pieretti N, Pavoine S. 2014. Acoustic indices for biodiversity assessment and landscape investigation. *Acta Acust United Acust*.

- 100:772–781.
- Sullivan BK. 1989. Interpopulational variation in vocalizations of *Bufo woodbousii*. J Herpetol. 23:368–373.
- Towsey M, Wimmer J, Williamson I, Roe P. 2014. The use of acoustic indices to determine avian species richness in audio-recordings of the environment. Ecol Inform. 21:110–119.
- Tucker D, Gage SH, Williamson I, Fuller S. 2014. Linking ecological condition and the soundscape in fragmented Australian forest. Landsc Ecol. 29:745–758.
- Vasconcelos TS, Rossa-Feres DC. 2008. Habitat heterogeneity and use of physical and acoustic space in anuran communities in Southeastern Brazil. Phyllomedusa. 7:127–142.
- Villanueva-Rivera LJ, Pijanowski BC, Doucette J, Pekin B. 2011. A primer of acoustic analysis for landscape ecologists. Landsc Ecol. 26(9):1233–1246.
- Villanueva-Rivera LJ, Pijanowski BC. 2016. soundecology: Soundscape Ecology. [R package]. Version 1.3.2. [accessed 2018 Apr 25]. <http://CRAN.R-project.org/package=soundecology>.
- Wells KD. 2007. The ecology and behavior of amphibians. Chicago (IL): University of Chicago Press.
- Wen A, Vasquez N, Castroviejo-Fisher S. 2012. Description of the previously Unknown advertisement calls of *Hyalinobatrachium fragile*, *H. pellucidum*, and *Vitreorana antisthenesi* (Amphibia: Centrolenidae). Zootaxa. 3480:80–87.
- Zuur AF, Ieno EN, Elphick CS. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. Methods Ecol Evol. 1:3–1.

TABELAS

Tabela I. Riqueza, abundância e diversidade de espécies e acústica de anfíbios anuros de nove ambientes inseridos em áreas de floresta com Araucária (FA), de campos naturais (CN) e de borda entre campos naturais e floresta com Araucária (BD) do Parque Estadual de Vila Velha (Paraná, Brasil), entre maio/2016 e abril/2017.

ORDEM ANURA	FA1	FA2	FA3	CN1	CN2	CN3	BD1	BD2	BD3
Família Bufonidae									
<i>Rhinella abei</i> (Baldiessa, Caramaschi & Haddad, 2004)	12	4	3	0	0	0	0	4	7
<i>Melanophryniscus vilavelhensis</i> Steinbach-Padilha, 2008	0	0	0	1	25	125	4	0	57
Família Hylidae									
<i>Boana albopunctata</i> (Spix, 1824)	0	0	0	370	34	16	121	96	33
<i>B. bischoffi</i> (Boulenger, 1887)	195	0	6	0	0	0	0	0	0
<i>B. faber</i> (Wied-Neuwied, 1821)	75	9	1	195	0	2	0	22	0
<i>B. prasina</i> (Burmeister, 1856)	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dendropsophus microps</i> (Peters, 1872)	60	2	0	0	0	0	4	0	0
<i>D. minutus</i> (Peters, 1872)	922	2	3	426	15	0	80	314	0
<i>D. sanborni</i> (Schmidt, 1944)	0	0	0	1	37	0	17	0	0
<i>Oligodon aromothyella</i> Faivovich, 2005	16	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>O. rizibilis</i> (Bokermann, 1964)	31	5	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scinax fuscovarius</i> (Lutz, 1925)	38	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. perereca</i> Pombal Jr., Haddad & Kasahara, 1995	198	1	6	0	0	0	0	0	0
<i>S. rossaeferesae</i> Conte, Araujo-Vieira, Crivellari & Berneck, 2016	0	0	0	245	0	0	36	125	0
<i>S. squatirostris</i> (Lutz, 1925)	0	0	0	129	0	0	5	0	20
Família Leptodactylidae									
<i>Leptodactylus</i> cf. <i>latrans</i>	10	2	0	116	1	0	0	1	1
<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger, 1826	76	1	0	85	0	0	1	0	0
<i>Physalaemus</i> aff. <i>gracilis</i>	21	0	0	12	0	0	1	0	3
Família Odontophrynidae									
<i>Odontophrynus americanus</i> (Duméril & Bibron, 1841)	0	0	0	4	0	0	0	0	0
<i>Proceratophrys brauni</i> Kwet & Faivovich, 2001	0	0	0	0	0	0	0	6	9
Família Phyllomedusidae									
<i>Phyllomedusa tetraploidea</i> Pombal & Haddad, 1992	82	67	0	0	0	0	0	90	0
Riqueza total	13	10	6	11	5	3	9	8	7
Abundância total	1.736	96	20	1.584	112	143	269	658	130
Diversidade de espécies (H')	1,68	1,20	1,59	1,85	1,37	0,42	1,40	1,42	1,46
Diversidade acústica (ADI)	2,04	2,02	1,39	1,21	0,95	0,76	0,91	1,48	1,03

Tabela II. Valores da proporção dos sinais acústicos acima de -50 dB distribuídos em 10 faixas de frequência obtidas a partir de arquivos de áudio contendo a vocalização de anuros gravadas em ambientes inseridos em áreas de Floresta com Araucária (FA), campos naturais (CN) e borda entre os campos naturais e a Floresta com Araucária (BD) no Parque Estadual de Vila Velha (Estado do Paraná, Brasil).

Faixas de frequência (Hz)	Ambientes								
	FA1	FA2	FA3	CN1	CN2	CN3	BD1	BD2	BD3
0-1000	0.06	0.05	0.07	0.04	0.02	0.02	0.02	0.29	0.05
1.000-2.000	0.29	0.25	0.59	0.09	0.05	0.06	0.03	0.59	0.10
2.000-3.000	0.22	0.16	0.23	0.13	0.08	0.09	0.09	0.26	0.09
3.000-4.000	0.30	0.31	0.12	0.53	0.51	0.59	0.61	0.09	0.55
4.000-5.000	0.31	0.34	0.10	0.04	0.02	0.00	0.04	0.11	0.02
5.000-6.000	0.19	0.21	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00
6.000-7.000	0.12	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.000-8.000	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.000-9.000	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9.000-10.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabela III. Resultados dos modelos utilizados para avaliar a influência de diferentes variáveis na variação da diversidade acústica (ADI) de anuros do Parque Estadual de Vila Velha (Estado do Paraná, Brasil). Os dados foram avaliados com medidas de verossimilhança com distribuição de erro Gaussian. ΔAIC = Critério de informações de Akaike; K = quantidade de parâmetros considerados em cada modelo; wAIC = peso do valor de AIC em cada modelo; (%)DE = quantidade de desvio explicado na variável resposta em cada modelo. Modelo mais parcimonioso e com a maior influência relativa sobre a variação na diversidade de espécies destacado em negrito. RIQ=Riqueza de espécies; EXC=Número de espécies exclusivas; SHN=Diversidade de Shannon (H'); FXF=Número de faixas de frequência ocupadas; DUR= duração total dos arquivos contendo as vocalizações das espécies.

Modelos	Variáveis	ΔAIC	K	wAIC	(%)DE
1	RIQ+EXC+SHN+FXF+DUR	109,9	7	<0,001	128,2
2	RIQ+SHN+FXF+DUR	38,5	6	<0,001	56,8
3	RIQ+FXF+DUR	15,0	5	<0,001	33,3
4	FXF+DUR	4,4	4	0,098	22,7
5	FXF	0,0	3	0,902	18,3

FIGURAS

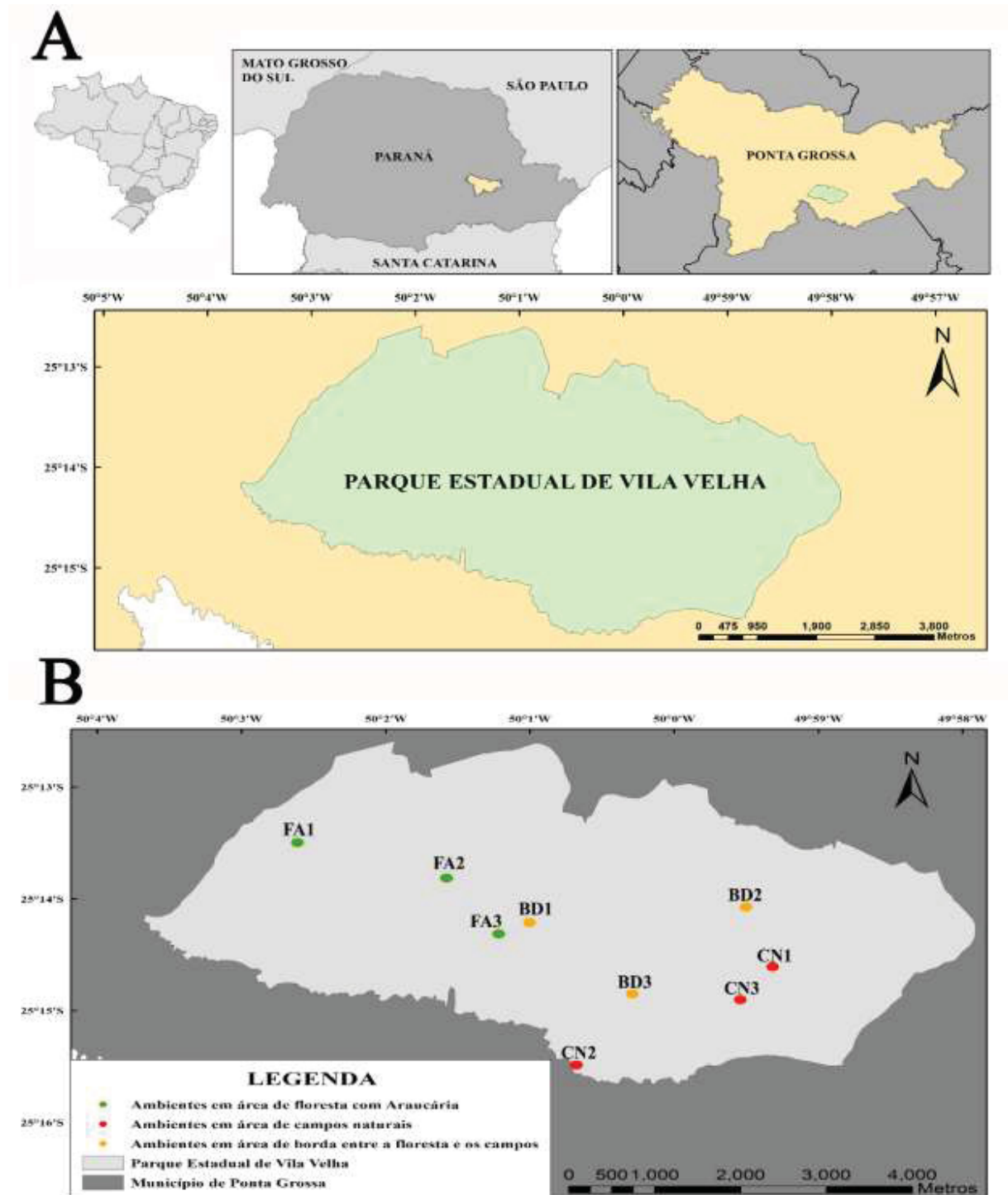


Figura 1. Localização geográfica do (A) Parque Estadual de Vila Velha e (B) dos ambientes amostrados em áreas de floresta com Araucária (FA), de campos naturais (CN) e de borda entre os campos naturais e a floresta com Araucária (BD).

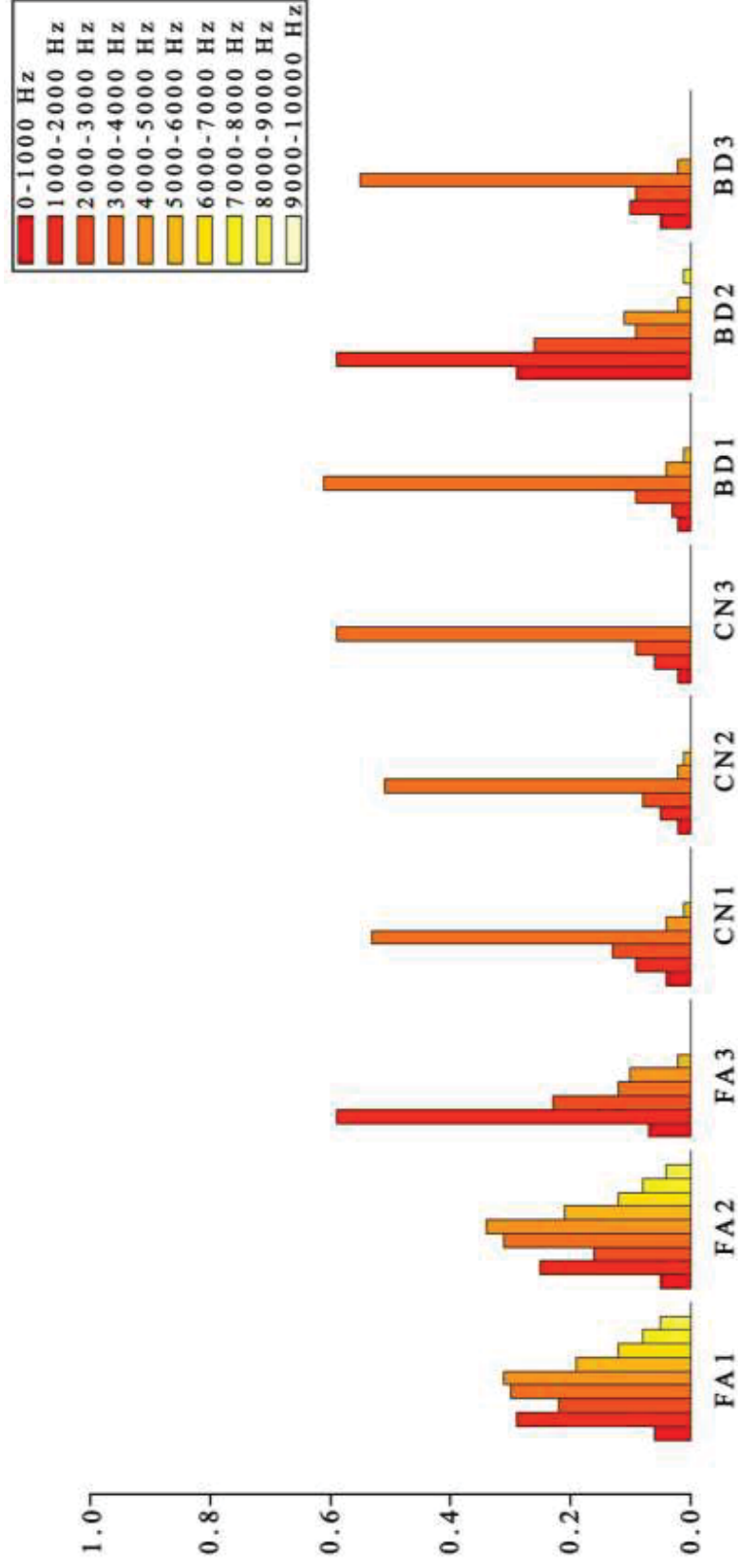


Figura 2. Proporção dos sinais acústicos acima de -50 dB distribuídos em 10 faixas de frequência obtidas a partir de arquivos de áudio contendo a vocalização de anuros gravadas em ambientes inseridos em áreas de Floresta com Araucária (FA), campos naturais (CN) e borda entre os campos naturais e a Floresta com Araucária (BD) no Parque Estadual de Vila Velha (Paraná, Brasil).

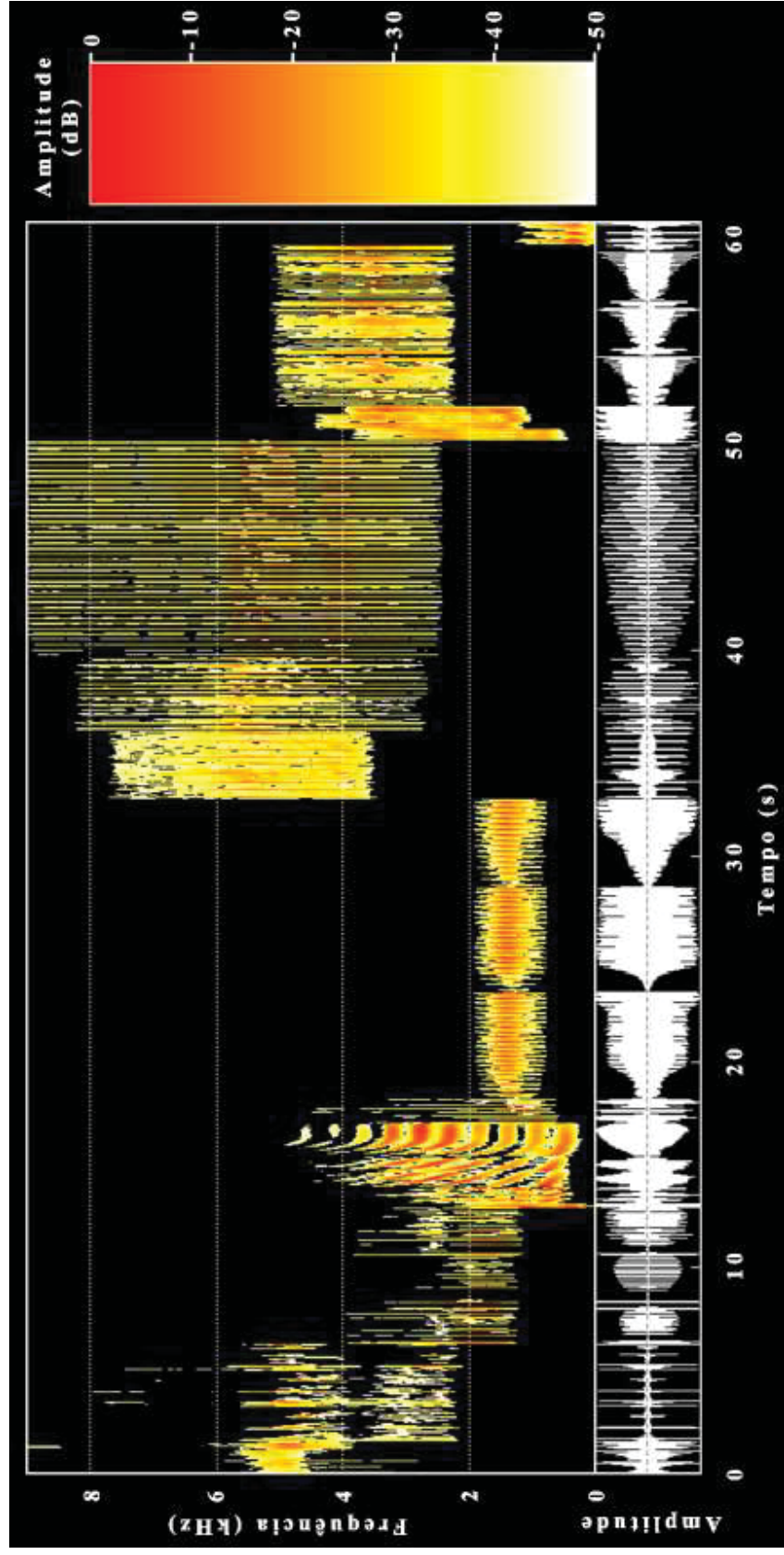


Figura 3. Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) das vocalizações de anfíbios anuros do ambiente FA1, inserido em área de Floresta com Araucária, no Parque Estadual de Vila Velha.

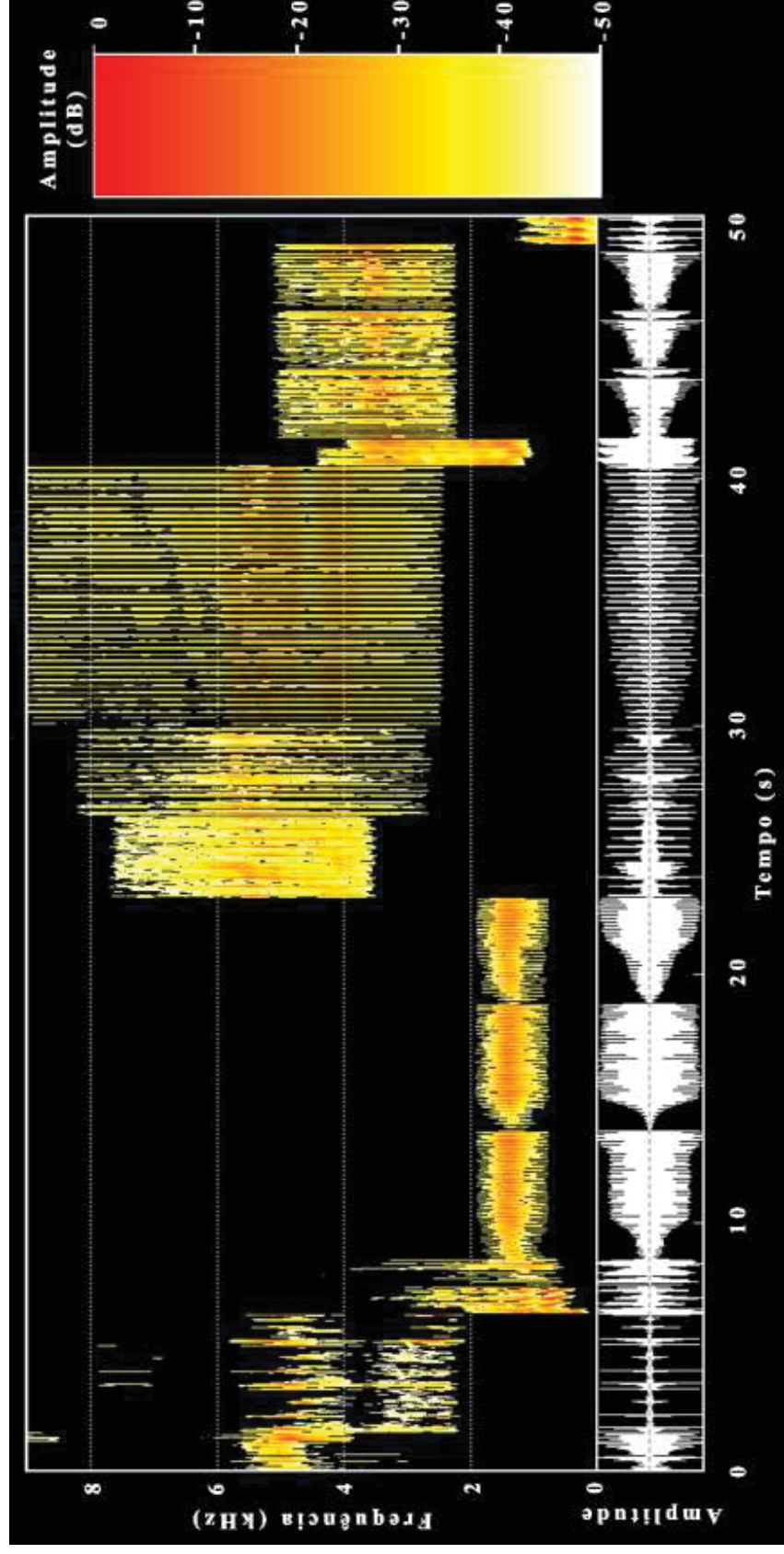


Figura 4. Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) das vocalizações de anfíbios anuros do ambiente FA2, inserido em área de Floresta com Araucária, no Parque Estadual de Vila Velha.

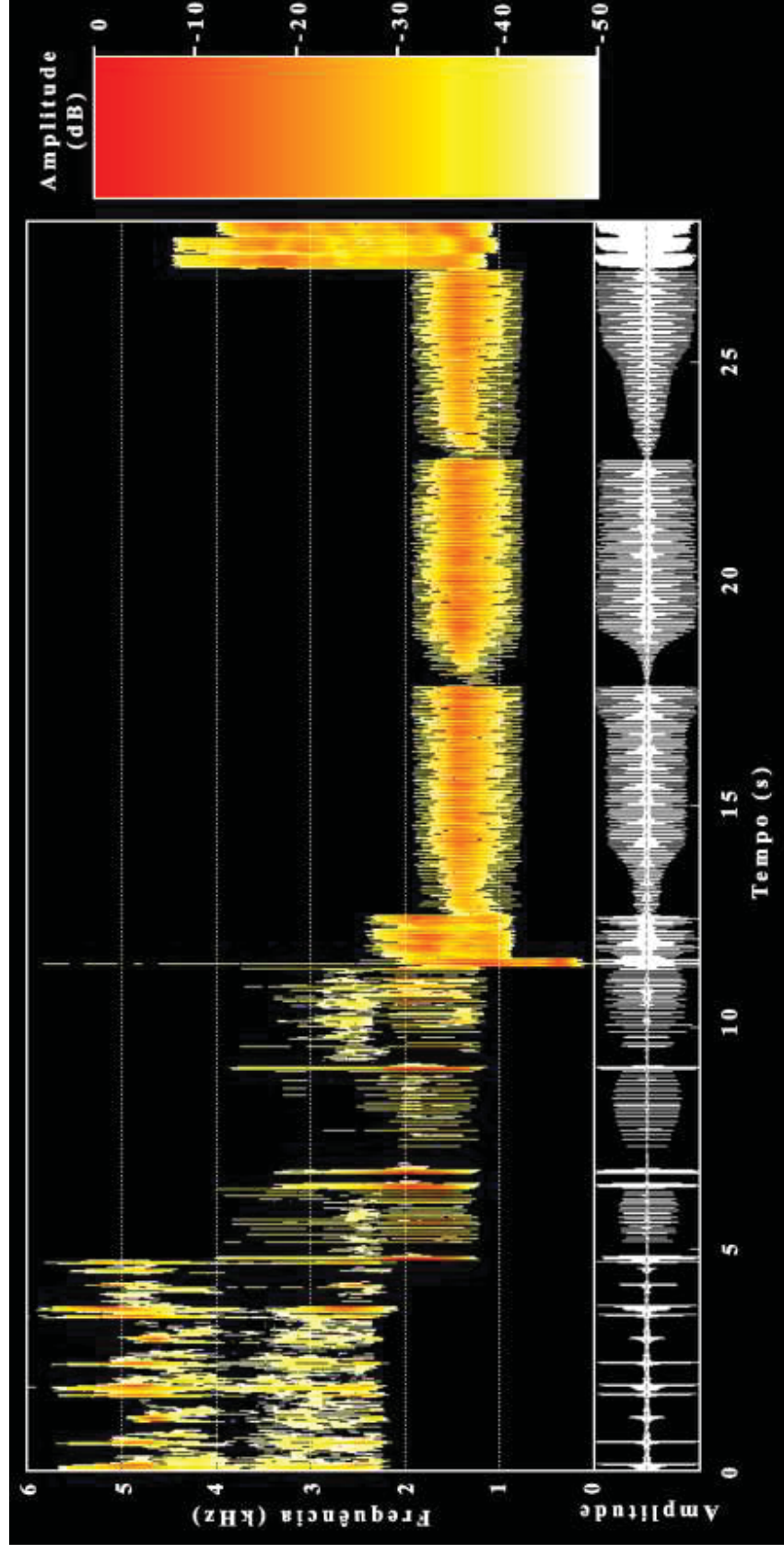


Figura 5. Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) das vocalizações de anfíbios anuros do ambiente FA3, inserido em área de Floresta com Araucária, no Parque Estadual de Vila Velha.

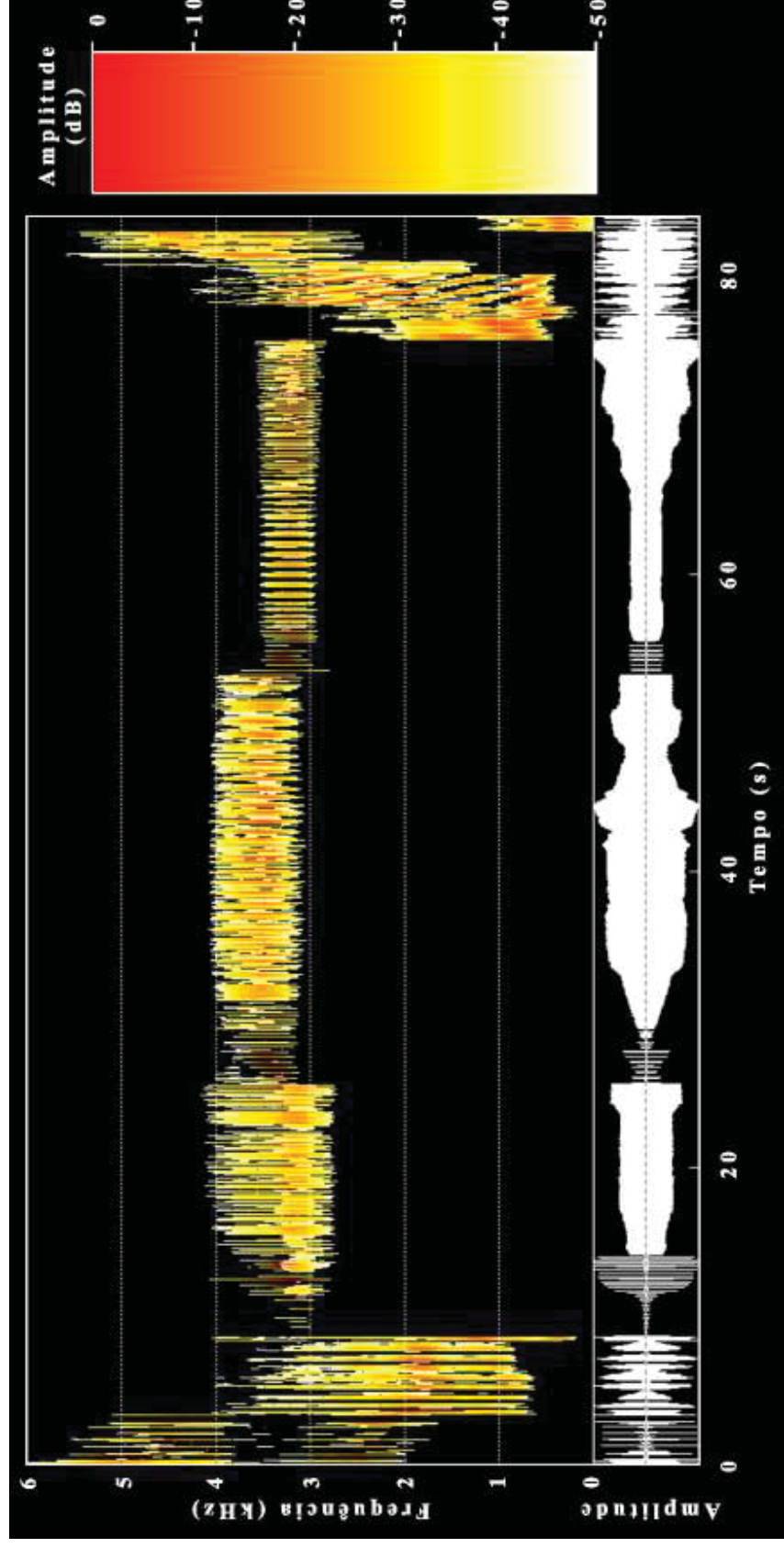


Figura 6. Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) das vocalizações de anfíbios anuros do ambiente CN1, inserido em área de campos naturais, no Parque Estadual de Vila Velha.

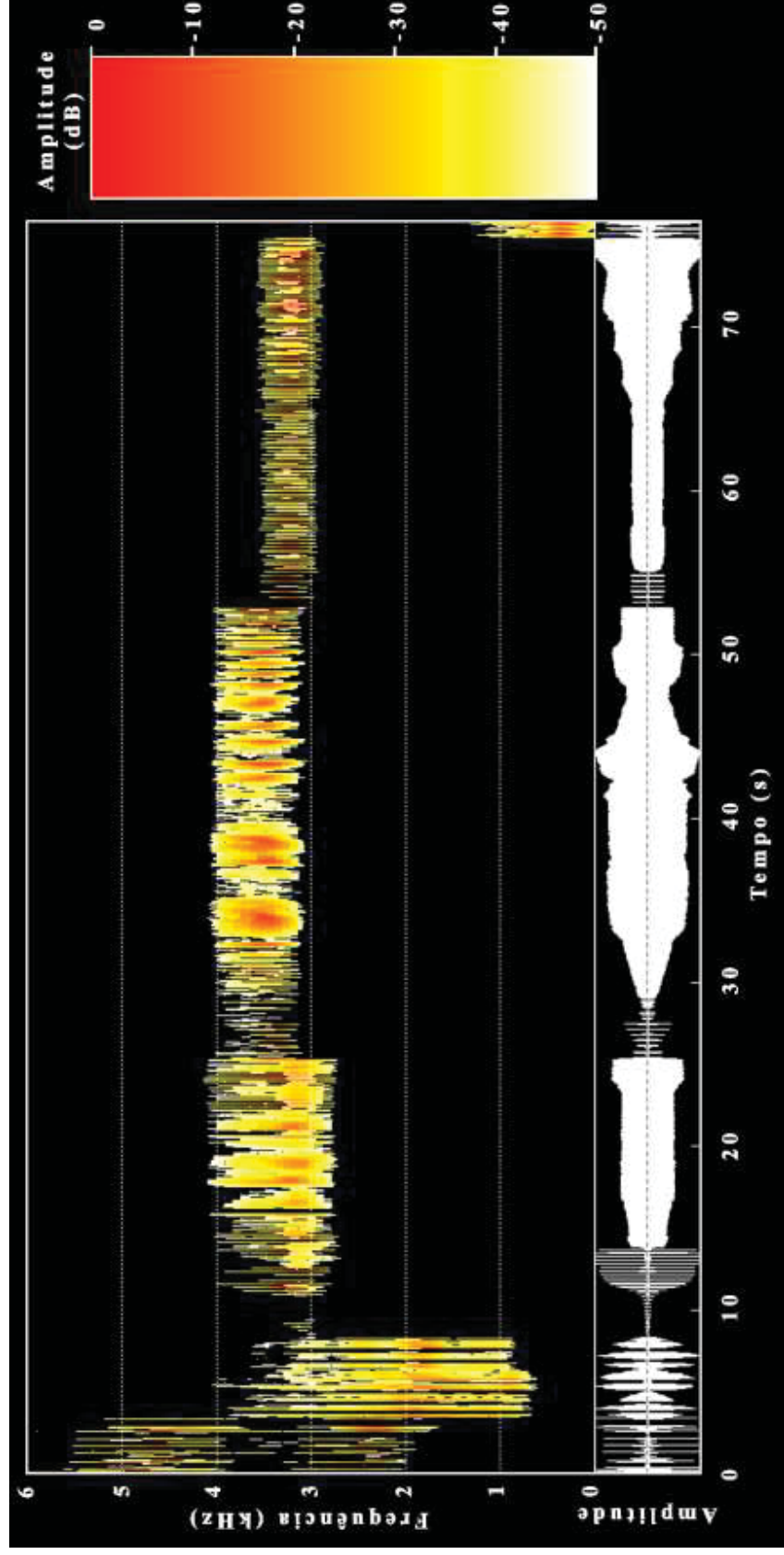


Figura 7. Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) das vocalizações de anfíbios anuros do ambiente CN2, inserido em área de campos naturais, no Parque Estadual de Vila Velha.

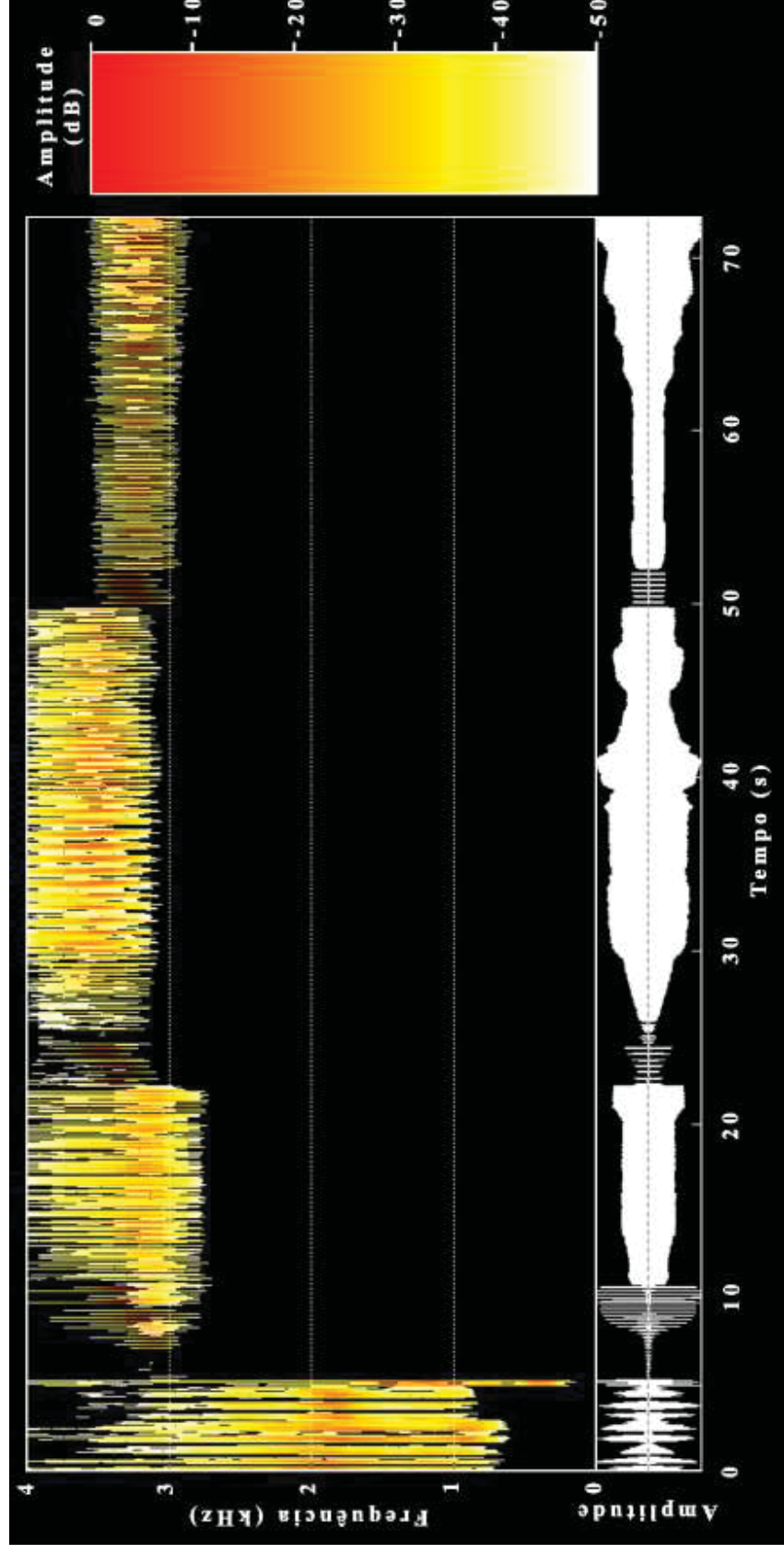


Figura 8. Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) das vocalizações de anfíbios anuros do ambiente CP3, inserido em área de campos naturais, no Parque Estadual de Vila Velha.

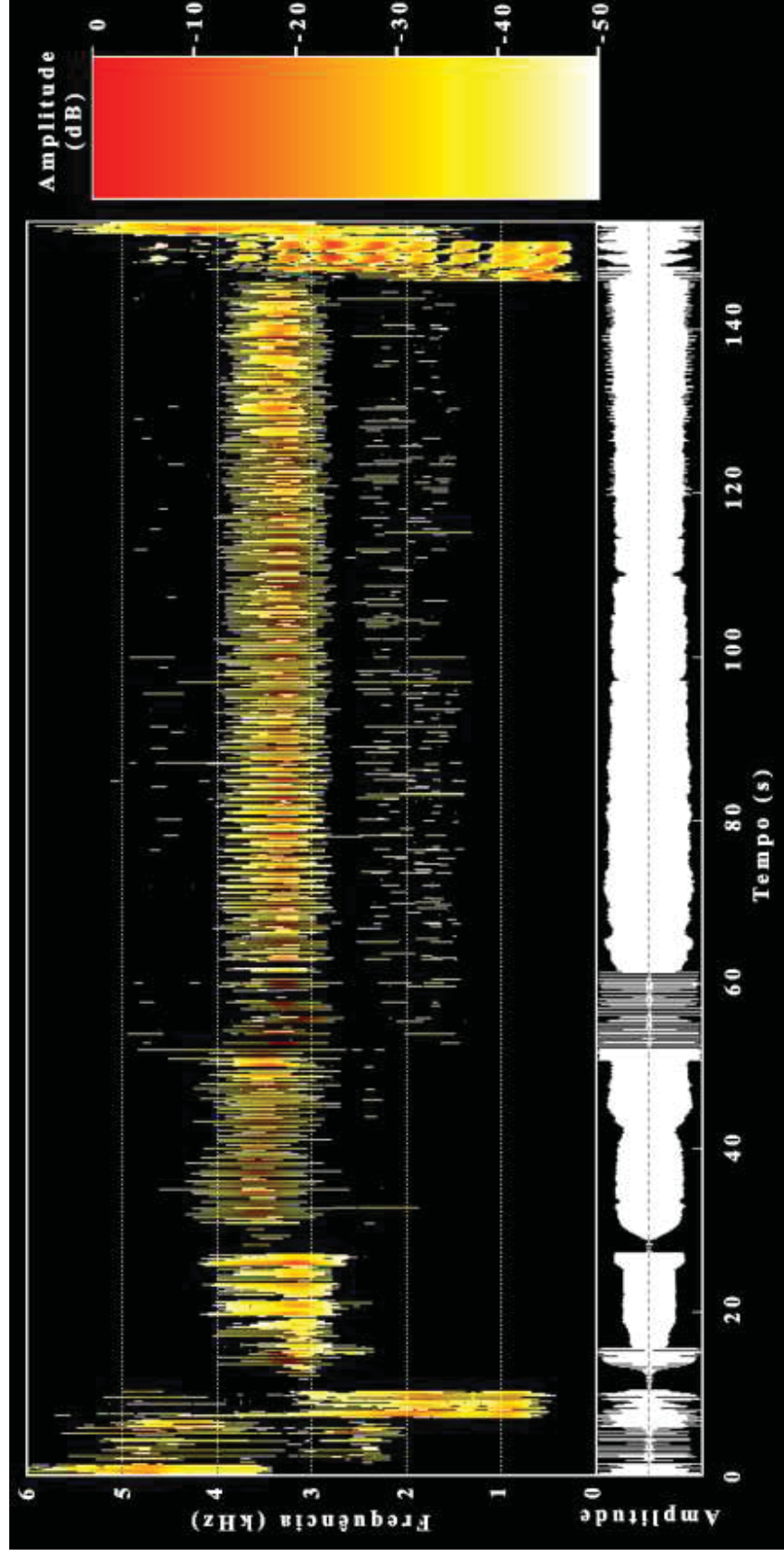


Figura 9. Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) das vocalizações de anfíbios anuros do ambiente BD1, inserido em área de borda entre os campos naturais e a floresta com Araucária, no Parque Estadual de Vila Velha.

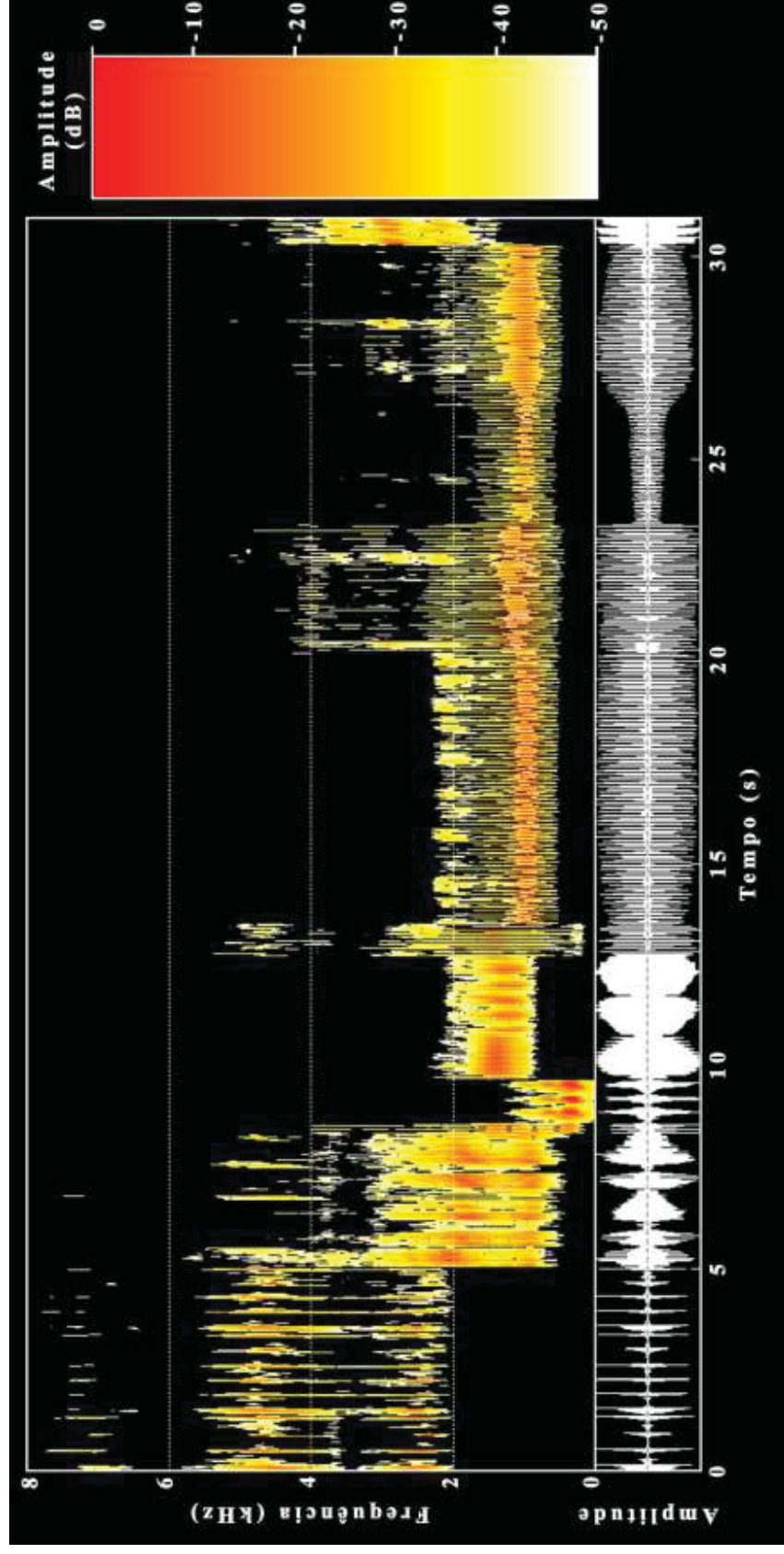


Figura 10. Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) das vocalizações de anfíbios anuros do ambiente BD2, inserido em área de borda entre os campos naturais e a floresta com Araucária, no Parque Estadual de Vila Velha.

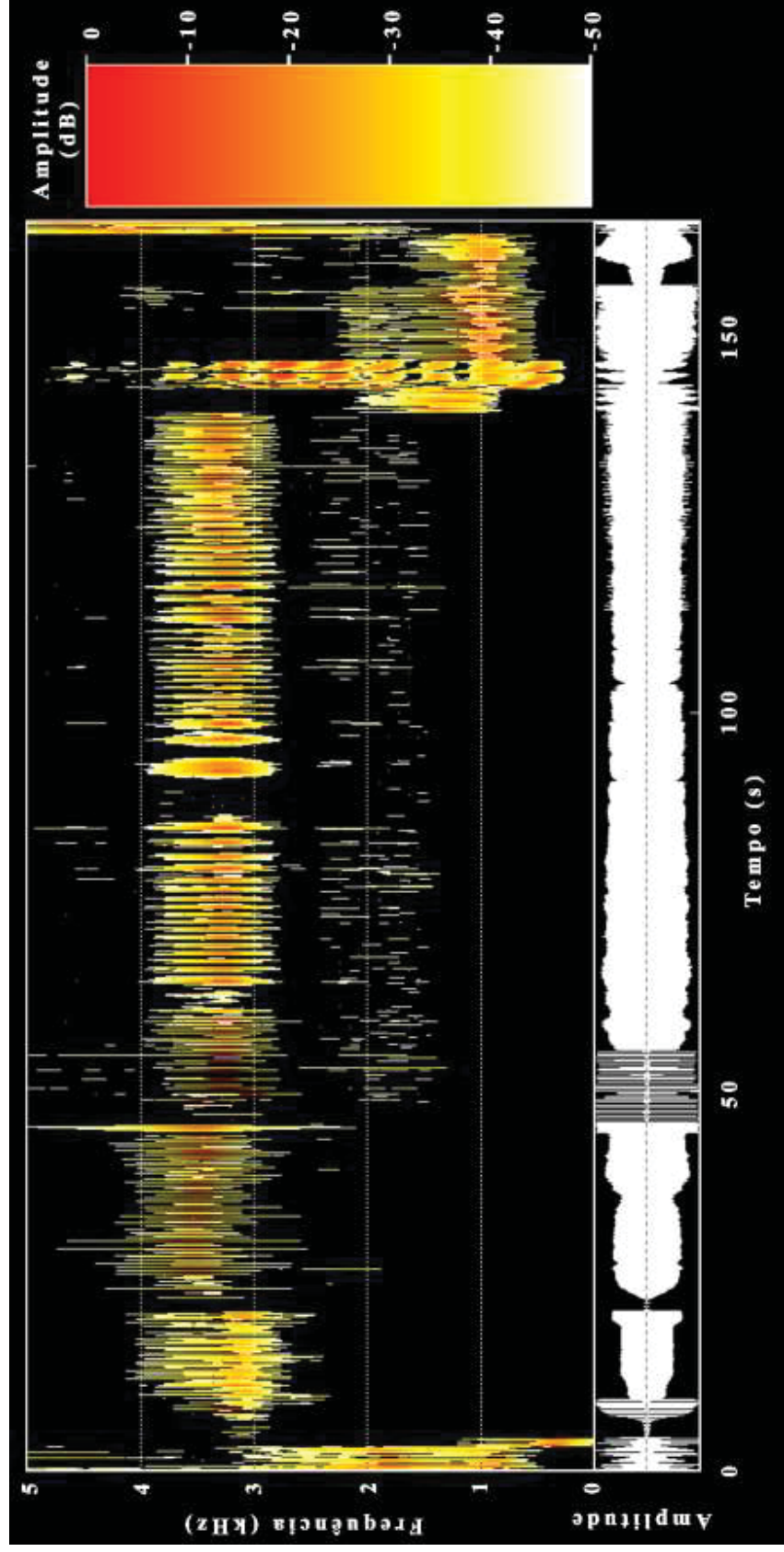


Figura 11. Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) das vocalizações de anfíbios anuros do ambiente BD3 inserido em área de borda entre os campos naturais e a floresta com Araucária, no Parque Estadual de Vila Velha.

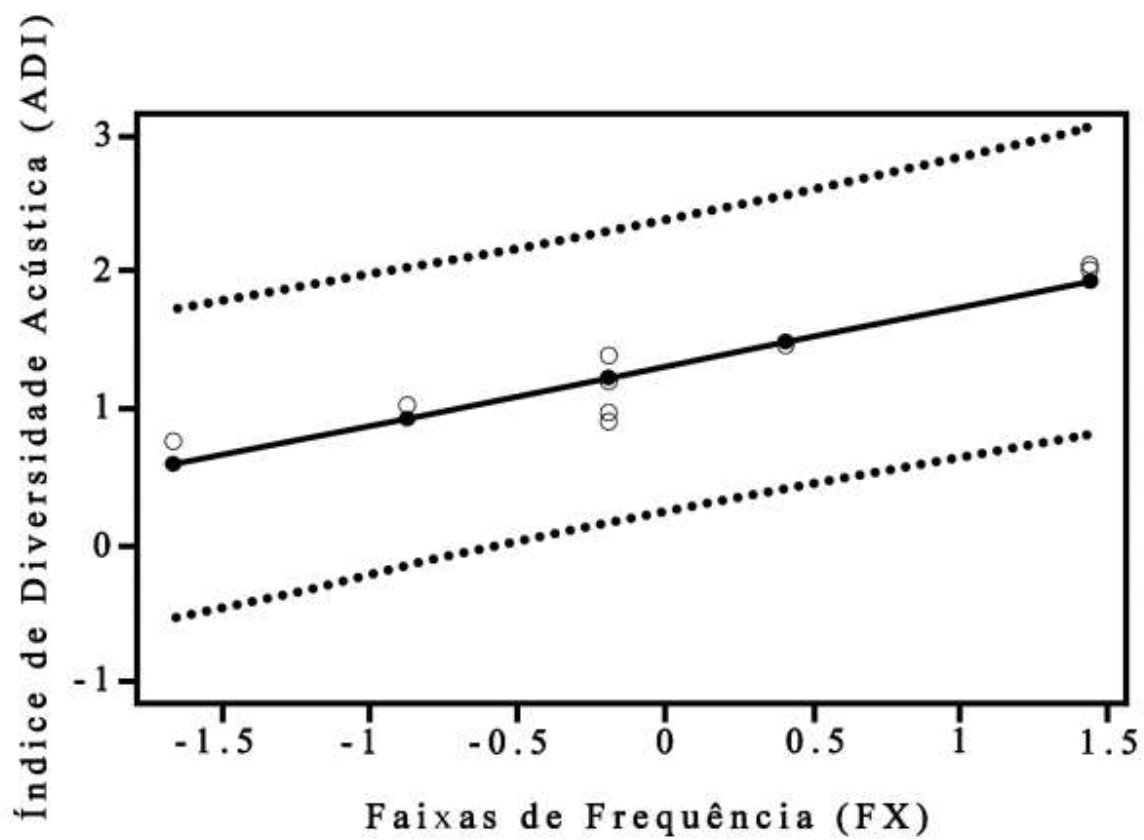


Figura 12. Relação entre o índice de diversidade acústica (ADI) e as faixas de frequência (FX) ocupadas pelas vocalizações de anfíbios anuros, ajustados por modelos lineares generalizados (GLM). Linha circunscrita = ajuste do modelo GLM para os dados; Linhas pontilhadas = erro padrão; Círculos abertos = valores observados; Círculos fechados = valores preditos pelo modelo.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, M.G., SAIBENE, P.E., ROESLER, I. & BILENCA, D. (2016) Amphibians of northwestern Buenos Aires province, Argentina: checklist, range extensions and comments on conservation. *Check List*. [accessed 2019 Apr 09]:[10 p]. <http://dx.doi.org/10.15560/12.6.1998>.
- ATTENBOROUGH, K. (2014) Sound propagation in atmosphere. In: Rossing T, editor. *Springer Handbook of Acoustics*. New York (NY): Springer; p.117–155.
- BARRIO, A. (1962) Los Hylidae de Punta Lara, Provincia de Buenos Aires. Observaciones sistemáticas, ecológicas y análisis espectrográfico del canto. *Physis*. 23:129–142.
- BARRIO, A. (1964) Especies crípticas del género *Pleurodema* que conviven em uma mesma área, identificadas por el canto nupcial (Anura, Leptodactylidae). *Physis*. 24:471–489.
- BARRIO, A. (1964) Importancia, significación y análisis del canto de batracios anuros. *Publicación Museo Provincial Ciencias Naturales “F. Ameghino”*. 51–79.
- BASTOS R.P. & HADDAD C.F.B. (1999) Atividade reprodutiva de *Scinax rizibilis* (Anura, Hylidae) na Floresta Atlântica, sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 6(2):409–421.
- BASTOS, R.P. & HADDAD, C.F.B. (1996) Breeding activity of the Neotropical treefrog *Hyla elegans* (Anura, Hylidae). *Journal of Herpetology*. 30, 355–360.
- BASTOS, R.P. & HADDAD, C.F.B. (1996) Breeding activity of the Neotropical treefrog *Hyla elegans* (Anura, Hylidae). *Journal of Herpetology*. 30:355–360.
- BASTOS, R.P., SIGNORELLI, L., MORAIS, A.R., COSTA, T.B., LIMA, L.P., POMBAL, J.P. (2011) Advertisement calls of three anuran species (Amphibia) from the

Cerrado, Central Brazil. *South American Journal of Herpetology*. 6(2):67–72.

BEE, M.A. & GERHARDT, H.C. (2002) Individual voice recognition in a territorial frog (*Rana catesbeiana*). *Proceedings of the Royal Society of London Series B*. 269, 1443–1448.

BEGON, M., TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. (2007) *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Artmed, Porto Alegre, 732 pp.

BENÍCIO, R.A. & SILVA, F.R. (2017) Notes on an unusual position of calling site of *Dendropsophus minutus* (Peters, 1872) (Anura: Hylidae), northeastern São Paulo, Brazil. *Herpetology Notes*. 10, 421–423.

BERNARDE, P.S. & MACHADO, R.A. (2001) Riqueza de espécies, ambientes de reprodução e temporada de vocalização da anurofauna em Três Barras do Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). *Cuadernos de Herpetologia*. 14(2):93–104.

BERNARDE, P.S. (2007) Ambientes e temporada de vocalização da anurofauna no município de Espigão do Oeste, Rondônia, Sudoeste da Amazônia - Brasil (Amphibia: Anura). *Biota Neotropica*. 7(2), 87–92.

BEVIER, C.R., GOMES, F.R. & NAVAS, A.C. (2008) Variation in call structure and calling behavior in treefrogs of the genus *Scinax*. *South American Journal of Herpetology*. 3(3):196–206.

BLAIR, W.F. (1956) Call difference as an isolation mechanism in southwestern toads (genus *Bufo*). *Texas Journal of Science*. 8, 87–106.

BLAIR, W.F. (1964) Isolating mechanisms and interspecies interactions in anuran amphibians. *Quarterly Review Biology*. 39, 334–344.

BLAIR, W.F. (1965) Amphibian speciation. In: Wright, H. E. and Frey, D. G. (Eds.),

The Quaternary of the United States. Princeton University Press.

BOKERMANN, W.C.A. (1966) Dos nuevas especies de *Physalaemus* do Espírito Santo, Brasil (Amphibia, Leptodactylidae). *Physis*. 26(71):193–202.

BONCORAGLIO, G. & SAINO, N. (2007) Habitat structure and the evolution of bird song: a meta analysis of the evidence for the acoustic adaptation hypothesis. *Functional Ecology*. 21:134–142.

BOSCH, J. & DE LA RIVA, I. (2004) Are frog calls modulated by the environment? An analysis with anuran species from Bolivia. *Canadian Journal of Zoology*. 82:880–888.

BURNHAM, K.P. & ANDERSON, D.R. (2002) *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*. New York (NY): Springer.

CAMPOS, V.A., ODA, F.H., JÜEN, L., BARTH, A. & DARTORA, A. (2013) Composição e riqueza de espécies de anfíbios anuros em três diferentes habitat em um agrossistema no Cerrado do Brasil central. *Biota Neotropica*. 13(1):125–132.

CARDOSO, A.J. & HADDAD, C.F.B. (1984) Variabilidade acústica em diferentes populações e interações agressivas de *Hyla minuta* (Amphibia, Anura). *Ciência e Cultura*. 36, 1393–1399.

CARDOSO, A.J., ANDRADE, G.V. & HADDAD, C.F.B. (1989) Distribuição espacial em comunidades de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*. 49, 241–249.

CASTELLANO, S., GIACOMA, C. & RYAN, M.J. (2003) Call degradation in diploid and tetraploid green toads. *Biological Journal of the Linnean Society*. 78:11–26.

CHURCH, G. (1960) Annual and lunar periodicity in the sexual cycle of the Javanese toad, *Bufo melanostictus* (Schneider). *Zoologia*. 45:181–188.

CLARKE, K.R. (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. 18:117–43.

COLOMBO, P., KINDEL, A., VINCIPROVA, G. & KRAUSE, L. (2008) Composição e ameaças à conservação dos anfíbios anuros do Parque Estadual do Itapeva, município de Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica*. 8(3):230–240.

CONTE, C.E. & MACHADO, R.A. (2005) Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade de Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 22(4):940 –948.

CONTE, C.E. & ROSSA-FERES, D.C (2007) Riqueza e distribuição espaço-temporal de anuros em remanescentes de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*. 24(4), 1025–1037.

CONTE, C.E. & ROSSA-FERES, D.C. (2006) Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 23(1):162–175.

CONTE, C.E., ARAUJO-VIEIRA, K., CRIVELLARI, L.B. & BERNECK, B.V.M. (2016) A new species of *Scinax* Wagler (Anura: Hylidae) from Paraná, Southern Brazil. *Zootaxa*. 4193(2):245–265.

CRIVELLARI, L.B. (2016) Anfíbios dos campos da Mata Atlântica: Influência relativa de gradientes ambientais e espaciais nos padrões de diversidade e estrutura filogenética [*PhD thesis*]. São José do Rio Preto (SP): Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

CRIVELLARI, L.B., CONTE, C.E. & ROSSA-FERES, D.C. (2011) Riqueza de anfíbios (Amphibia: Anura) dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. *In*: Carpanezzi, O.T.B. &

Campos, J.B. (Eds.) *Coletânea de pesquisas: Parques Estaduais de Vila Velha, Guartelá e Cerrado*. IAP, Curitiba, pp. 94–97.

CRIVELLARI, L.B., LEIVAS, P.T., LEITE, J.C.M., GONÇALVES, D.S., MELLO, C.M., ROSSA-FERES, D.C. & CONTE, C.E. (2014) Amphibians of grasslands in the state of Paraná, southern Brazil (*Campos Sulinos*). *Herpetology Notes*. 7, 639–654.

CRIVELLARI, L.B., MELLO, C.M. & CONTE, C.E. (2016) O papel integrado do grau de conservação e da heterogeneidade de habitats na formulação de estratégias de conservação dos anfíbios da floresta com araucária. In Araujo, S.C.D.B. (Ed.) *Anais do 1º seminário de pesquisas do Parque Nacional do Campos Gerais e da Reserva Biológica das Araucárias*. ICMBio, Ponta Grossa, pp. 128–131.

DA ROCHA, M.M., RIBEIRO, C.F. & GARCEZ, R.C.S. (2016) Riqueza e abundância de anuros (Amphibia) em áreas de pastagem e de floresta secundária próxima a Porto Velho (Rondônia, Brasil). *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 8(1):7–13.

DE LA RIVA, I., CHAPARRO, J.C., CASTROVIEJO-FISHER, S. & PADIAL, J.M. (2018) Underestimated anuran radiation in the high Andes: five new species and a new genus of Holoadeninae, and their phylogenetic relationships (Anura: Craugastoridae). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 182(1):129–172.

DEPRAETERE, M., PAVOINE, S., JIGUET, F., GASC, A., DUVAIL, S. & SUEUR, J. (2012) Monitoring animal diversity using acoustic indices: Implementation in a temperate woodland. *Ecological Indicators*. 13(1):46–54.

DÍAZ-GUTIÉRREZ, N., VARGAS-SALINAS, F., RIVERA-CORREA, M., ROJAS-MORALES, J.A., ESCOBAR-LASSO, S., VELASCO, J.A., GUTIÉRREZ-CÁRDENAS, J.D.A. & AMÉZQUITA, A. (2013) Description of previously unknown advertisement call

and tadpole of Colombian endemic glassfrog *Cenrolene savagei* (Anura: Centrolenidae). *Zootaxa*. 3686(2):289–296.

DUELLMAN, W.E. & TRUEB, L. (1994) *Biology of Amphibians*. Baltimore, The John Hopkins University Press, 670 pp.

ETGES, W.J. (1987) Call site choice in male anurans. *Copeia*. 910–923.

EVEREST, F.A. & POHLMANN, K.C. (2015) *Master Handbook of Acoustics*. New York (NY): McGraw-Hill Educational.

FARIA, E.S. (2014) Evolução da variação intraespecífica em cantos de anúncio de *Allobates* sp. *Dissertação de Mestrado*. Manaus (AM): Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

FENG, A.S. & SCHUL, J. (2006) Sound processing in real-world environments. In Narins, P.M. et al. (Eds.) *Hearing and Sound Communication in Amphibians*. Springer, New York, pp. 323–350.

FERREIRA, R.B., DANTAS, R.B. & TONINI, J.F.R. (2012) Distribuição espacial e sazonal de anfíbios em quatro poças na região serrana do Espírito Santo, sudeste do Brasil: influência de corredores florestais. *Iheringia, Série Zoologia*. 102(2), 163–169.

FIELD, A. (2009) *Descobrindo a estatística usando o SPSS-2*. Porto Alegre (RS): Artmed.

FITZGERALD, G.J. & BIDER, J.R. (1974) Influence of moon phase and weather factors in locomotory activity in *Bufo americanus*. *Oikos*. 25:338–340.

FOERSTER, N.E. & CONTE, C.E. (2018) Anuran diversity in an Araucaria Forest fragment and associated grassland area in a sub-tropical region in Brazil. *Herpetology Notes*. 11, 421–428.

FOERSTER, N.E. (2014) Partilha acústica, uso do sítio de vocalização e influência da heterogeneidade ambiental em uma taxocenose de anuros em um remanescente de floresta ombrófila mista. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal do Paraná, Paraná.

FORTI, L.R, MÁRQUEZ, R. & BERTOLUCI, J. (2015) Advertisement call of *Dendropsophus microps* (Anura: Hylidae) from two populations from southeastern Brazil. *Zoologia*. 32(3):187–194.

FOX, J. & WEISBERG, S. (2011) An R Companion to Applied Regression. Thousand Oaks (CA): Sage Publications.

FRANÇA, D.P.F., FREITAS, M.A., RAMALHO, W.P. & BERNARDE, P.S. (2017) Diversidade local e influência da sazonalidade sobre as taxocenoses de anfíbios e répteis na Reserva Extrativista Chico Mendes, Acre, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*. 107: 1–12.

GERHARDT, H.C. & BEE, M.A. (2006) Recognition and localization of acoustic signals. In: Narins PN, Feng AS, Fay R, Popper AN, editors. *Hearing and Sound Communication in Amphibians*. New York (NY): Springer; p. 113–146.

GERHARDT, H.C. (1988) Acoustic properties used in call recognition by frogs and toads. In Frittsch, B. *et al.* (Eds.) *The evolution of the amphibian auditory system*. John Wiley and Sons, Inc., New York.

GERHARDT, H.C., GUTTMAN, S.I. & KARLIN, A.A. (1980) Natural hybrids between *Hyla cinerea* and *Hyla gratiosa*: morphology, vocalization and electrophoretic analysis. *Copeia*. 1980(4), 577–584.

GIACOMA, C. & CASTELLANO, S. (2001) Advertisement call variation and speciation in the *Bufo viridis* complex. In: RYAN, M. (Ed.), *Anuran communication*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 205–219.

GONÇALVES, D.S., CRIVELLARI, L.B. & CONTE, C.E. (2015) Linking environmental drivers with amphibian species diversity in ponds from subtropical grasslands. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 87(3): 1751–1762.

GOTELLI, N.J. & ELLISON, A.M. (2010). *Princípios de Estatística em Ecologia*. Porto Alegre (RS): Artmed.

GOUTTE, S., DUBOIS, A., HOWARD, S.D., MÁRQUEZ, R., ROWLEY, J.J.L., DEHLING, J.M., GRANDCOLAS, P., XIONG, R.C. & LEGENDRE, F. (2018) How the environment shapes animal signals: a test of the acoustic adaptation hypothesis in frogs. *Journal of Evolutionary Biology*. 31(1):148–158.

GRANT, R.A., CHADWICK, E.A. & HALLIDAY, T. (2009). The lunar cycle: a cue for amphibian reproductive phenology? *Animal Behaviour*. 78:349–357.

GRANT, R.A., HALLIDAY, T. & CHADWICK, E.A. (2012) Amphibians' response to the lunar synodic cycle—a review of current knowledge, recommendations, and implications for conservation. *Behaviour Ecology*. 24(1):53–62.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. (2001) Past: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1):1–9.

HANSEN, P. (1979) Vocal learning: its role adapting sound structure to long-distance propagation and a hypothesis on its evolution. *Animal Behavior*. 27:1270–1271.

HÖDL, W. (1977) Call differences and calling site segregation in anuran species from central Amazonian floating meadows. *Oecologia*. 28, 351–363.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná (BR). (2004) Plano de manejo do Parque Estadual de Vila Velha. Curitiba (PR).

IAP – Instituto Ambiental do Paraná (BR). (2004) Plano de manejo do Parque Estadual de Vila Velha. Curitiba (PR).

ILHA, P. & DIXO, M. (2010) Anurans and lizard, Rio Preto da Eva, Amazonas, Brazil. *Checklist*. 6(1), 17–21.

KOPP, K., SIGNORELLI, L. & BASTOS, R.P. (2010) Distribuição temporal e diversidade de modos reprodutivos de anfíbios anuros no Parque Nacional das Emas e entorno, estado de Goiás, Brasil. *Iherigia, Série Zoologia*. 100(3), 192–200.

KRAUSE, B., GAGE, S.H. & JOO, W. (2011). Measuring and interpreting the temporal variability in the soundscape at four places in Sequoia National Park. *Landscape Ecology*. [accessed 2019 Apr 10]:[10 p.]. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9639-6>.

KREBS, J.R. & DAVIES, N.B. (1991) *An introduction to behavioural ecology*. Oxford (UK): Blackwell Scientific Publications.

KUCZYNSKI, M.C., VÉLEZ, A., SCHWARTZ, J.J. & BEE, M.A. (2010) Sound transmission and the recognition of temporally degraded sexual advertisement signals in Cope's gray treefrog (*Hyla chrysoscelis*). *The Journal of Experimental Biology*. 213:2840–2850.

KUEHNE, L.M., PADGHAM, B.L. & OLDEN, J.D. 2013. The soundscapes of lakes across an urbanization gradient. *PLoS ONE*. [accessed 2019 Apr 10]:[10 p.]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055661>.

LIGGES, U., KREY, S., MERSMANN, O. & SCHNACKENBERG, S. (2016) tuneR: Analysis of music. URL: <http://r-forge.r-project.org/projects/tuner/>.

LITTLEJOHN, M.J. & MICHAUD, T.C. (1959) Matting call discrimination by females of Strecker's chorus frog (*Pseudacris streckeri*). *Texas Journal of Science*. 11, 86–

LITTLEJOHN, M.J. (1965) Premating isolation in the *Hyla ewingi* complex (Anura: Hylidae). *Evolution*. 19, 234–343.

LLUSIA, D., GÓMEZ, M., PENNA, M. & MÁRQUEZ, R. (2013) Call transmission efficiency in native and invasive anurans: competing hypotheses of divergence in acoustic signals. *PLoS ONE*. [accessed 2019 Apr 10]:[16 p].
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077312>.

LOEBMANN, D. & MAI, A.C.G. (2008) Amphibia, Anura, Costal Zone, state of Piauí, Northeastern Brazil. *Checklist*. 4(2), 161–170.

MAACK, R. (2012) *Geografia física do estado do Paraná*. Editora UEPG, Ponta Grossa, 562 pp.

MAFFEI, F., UBAID, F.K. & JIM, J. (2011) Anurofauna em área do cerrado aberto no município de Borebi, estado de São Paulo, Sudeste do Brasil: uso do habitat, abundância variação sazonal. *Biota Neotropica*. 11(2), 221–233.

MAGESKI, M., FERREIRA, R.B., COSTA, L.C.D., JESUS, P.R. & FERREIRA, P.D. (2017) Frog assemblage associated with bromeliads in a sandy coastal plain in the state of Espírito Santo, Southeastern Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*. 57(34):445–449.

MAGURRAN, A.E. (2013) *Medindo a diversidade biológica*. Curitiba (PR): Editora UFPR.

MALONE, J.H., RIBADO, J. & LEMMON, E.M. (2014) Sensory drive does not explain reproductive character displacement of male acoustic signals in the upland chorus frog (*Pseudacris feriarum*). *Evolution*. 68(5): 1306–1319.

MANNING, A. & DAWKINS, M.S. (1992). *An introduction to animal behavior*.

Cambridge (UK): Cambridge University Press.

MATTISON, C. (1987) *Frogs and toads of the world*. Colorcraft Ltd., Hong Kong. 191 pp.

MELLO, C.M. (2015) Diversidade e segregação espacial e acústica de anfíbios anuros nos campos naturais associados à floresta com araucária. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Paraná.

MELO, G.V., ROSSA-FERES, D.C. & JIM, J. (2007) Variação temporal no sítio de vocalização em uma comunidade de anuros de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*. 7(2):93–102.

MERCHAN, C.I., DIAZ-BALTEIRO, L. & SOLIÑO, M. (2014) Noise pollution in national parks: Soundscape and economic valuation. *Landscape and Urban Planning*. 12:1–9.

MORAIS, A.R., BATISTA, V.G., GAMBALE, P.G., SIGNORELLI, L. & BASTOS, R.P. (2012) Acoustic communication in a Neotropical frog (*Dendropsophus minutus*): vocal repertoire, variability and individual discrimination. *Herpetological Journal*. 22:249–257.

MORENO-GÓMEZ, F.N., BARTHELD, J., SILVA-ESCOBAR, A.A., BRIONES, R., MÁRQUEZ, R. & PENNA, M. (2019) Evaluating acoustic indices in the Valdivian rainforest, a biodiversity hotspot in South America. *Ecological Indicators*. 103(2019):1–8.

MORRISON, D. (1978) Lunar phobia in a neotropical fruit bat, *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Animal Behaviour*. 26:852–855.

MORTON, E.S. (1975) Ecological sources of selection on avian sounds. *The American Naturalist*. 109:17–34.

NELDER, J.A. & WEDDERBURN, R.W.M. (1972) Generalized Linear Models.

Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General). 135(3):370–384.

NOMURA, F., MACIEL, N.M., PEREIRA, E.B. & BASTOS, R.P. (2012) Diversidade de anuros (Amphibia) em áreas recuperadas de atividade mineradora no Cerrado e de plantio de *Eucalyptus urophylla* no Brasil Central. *Bioscience Journal*. 28(2):312–324.

ODA, F.H., BASTOS, R.P. & LIMA, M.A.C.S. (2009) Taxocenose de anfíbios anuros no Cerrado do Alto Tocantins, Niquelândia, Estado de Goiás: diversidade, distribuição local e sazonalidade. *Biota Neotropica*. 9(4), 219–232.

OKSANEN, J., BLANCHET, F.G., FRIENDLY, M., KINDT, R., LEGENDRE, P., MCGLINN, D., MINCHIN, P.R., O'HARA, R.B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., *et al.* 2018. vegan: Community Ecology Package. [R package]. Version 2.4–6. [accessed 2018 Apr 25]. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

OLIVEIRA, E.F., FEIO, R.N. & MATTA, S.L.P. (2007) Aspectos reprodutivos de *Dendropsophus minutus* (Peters, 1872), no município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*. 54(313), 230–238.

OWEN, S.V. & FROMAN, R.D. (1998) Focus on qualitative methods uses and abuses of the analysis of covariance. *Research in nursing and health*. 21(6):557–562.

PALMEIRA, C.N.S. & GONÇALVES, U. (2015) Anurofauna de uma localidade na Mata Atlântica setentrional, Alagoas, Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*. 37, 149–171.

PARLEMO-NETO, J. & ALVES, G.J. (2010) A comunicação dos animais. *Revista CFMV*. 16(49):24–34.

PAWLEY, K. & WARREN, A.A. (2006) The appendicular skeleton of *Eryops megacephalus* COPE, 1877 (Amphibia: Temnospondyli) from the Lower Permian of North

America. *Journal of Paleontology*. 80, 561–580.

PENNA, M. & VELOSO, A. (1990) Vocal diversity in frogs of the South American temperate forest. *Journal of Herpetology*. 24, 23–33.

PENNA, M., MÁRQUEZ, R., BOSCH, J. & CRESPO, E.G. (2006). Nonoptimal propagation of advertisement calls of midwife toads in Iberian habitats. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 119(2):1227–1237.

PEREIRA, E.N., LIRA, C.S. & SANTOS, E.M. (2016) Ocupação, distribuição espacial e sazonal dos anfíbios anuros, em fragmento de Mata Atlântica. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*. 7(2), 70–83.

PEREYRA, M.O., BORTEIRO, C., BALDO, D., KOLENC, F. & CONTE, C.E. (2012). Advertisement call of the closely related species *Scinax aromothyella* Faivovich 2005 and *S. berthae* (Barrio 1962), with comments on the complex calls in the *S. catharinae* group. *Herpetological Journal*. 22:133–137.

PFENNIG, K.S. & SIMOVICH, M.A. (2002) Differential selection to avoid hybridization in two toad species. *Evolution*. 56, 1840–1848.

PIANKA E. (1994) *Evolutionary Ecology*. Haper Collins College Publishers, New York, 486 pp.

PIERCY, J.J.B., CODLING, E.A., HILL, A.J., SMITH, D.J. & SIMPSON, S.D. (2014) Habitat quality affects sound production and likely distance of detection on coral reefs. *Marine Ecology Progress Series*. 516:35–47.

PIERETTI, N., FARINA, A. & MORRI, D. (2011) A new methodology to infer the singing activity of na avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI). *Ecological Indicators*. 11:868–873.

PIJANOWSKI, B.C., VILLANUEVA-RIVERA, L.J., DUMYAHN, S.L., FARINA, A., KRAUSE, B.L., NAPOLETANO, B.M., GAGE, S.H. & PIERETTI, N. (2011) Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. *BioScience*. 61(3):203–216.

PINHEIRO, J., BATES, D., DEBROY, S., SAKAR, D. & R CORE TEAM. (2017) nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. [R package]. Version 3.1–131. [accessed 2018 Apr 25]. <http://CRAN.Rproject.org/package=nlme>.

PODOS, J. (1997) A performance constraint on the evolution of trilled vocalizations in a songbird family (Passeriformes: Emberizidae). *Evolution*. 51(2):537–551.

POMBAL JR., J.P. (1997) Distribuição espacial e temporal de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*. 57(4):583–594.

POMBAL JR., J.P. (2010) O espaço acústico em uma taxocenose de anuros (Amphibia) do Sudeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*. 135–144.

PRADO, G.M. & POMBAL JR., J.P. (2005) Distribuição espacial e temporal dos anuros em um brejo da Reserva Biológica de Duas Bocas, Sudeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*. 63(4), 685–705.

QUINTELA, F.M., PINHEIRO, R.M. & LOEBMANN, D. (2010) Composição e uso do habitat pela herpetofauna em uma área de mata paludosa da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, extremo sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*. 9(1), 6–11.

R CORE TEAM. (2017) R: a language and environment for statistical computing. Vienna (AT): R Foundation for Statistical Computing. [accessed 2018 Apr 25]. <http://www.R-project.org/>.

RAMALHO, W.P., BATISTA, V.G. & LOZI, L.R.P. (2014) Anfíbios e répteis do

médio rio Aporé, estados de Mato Grosso do Sul e Goiás, Brasil. *Neotropical Biology & Conservation*. 9(3):147–160.

RAND, A.S. (2001) A history of frog call studies 405B.C. to 1980. In: Ryan MJ, editor. *Anuran Communication*. 1st ed. Washington (WA): Smithsonian Institution Press; p. 8–19.

REYNOLDS, R.P. & MACCULLOCH, R.D. (2012) Preliminary checklist of amphibians and reptiles from Baramita, Guyana. *Check List*. 8(2):211–214.

ROCHA, C.H. (2006) Seleção de áreas prioritárias para a conservação em paisagens fragmentadas: estudo de caso nos Campos Gerais, do Paraná. *Natureza & Conservação*. 4(2), 77–99.

ROCHA, P.C., SENA, L.M.F., PEZZUTI, T.L., LEITE, F.S.F., SVARTMAN, M., ROSSET, S.D., BALDO, D. & GARCIA, P.C.A. (2017) A new diploid species belonging to the *Odontophrynus americanus* species group (Anura: Odontophrynidae) from the Espinhaço range, Brazil. *Zootaxa*. 4329(4):327–350.

RODRIGUEZ, A., GASC, A., PAVOINE, S., GRANDCOLAS, P., GAUCHER, P. & SUEUR, J. (2014) Temporal and spatial variability of animal sound within a neotropical forest. *Ecological Informatics*. 21:133–143.

RÖHR, D.L. & JUNCÁ, F.A. (2013) Micro-habitat influence on the advertisement call structure and sound propagation efficiency of *Hypiboas crepitans* (Anura:Hylidae). *Journal of Herpetology*. 47(4):549–554.

ROSSA-FERES, D.C. & JIM, J. (2001) Similaridade do sítio de vocalização em uma comunidade de anfíbios anuros na região noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 18, 439–454.

RYAN, M.J. & KIME, N.M. (2002) Selection on long-distance acoustic signals. *In*: Simmons, A.M. *et al.* (Eds.) *Acoustic communication*. Springer, New York, pp. 225–274

RYAN, M.J. & RAND, A.S. (1993) Phylogenetic patterns of behavioral mate recognition systems in the *Physalaemus pustulosus* species group (Anura: Leptodactylidae): the role of ancestral and derived characters and sensory exploitation. *Linnean Society Symposium Series*. 14, 251–267.

RYAN, M.J. & RAND, A.S. (1995) Female responses to ancestral advertisement calls in the tungara frog. *Science*. 269, 390–392.

RYAN, M.J. (1980) Female mate choice in a Neotropical frog. *Science*. 209, 523–525.

RYAN, M.J., CROCOFT, R.B. & WILCZYNSKI, W. (1990) The role of environmental selection in intraspecific divergence of mate recognition in the cricket frog, *Acris crepitans*. *Evolution*. 44(7):1869–1872.

RYAN, M.J., FOX, J.H., WILCZYNSKI, W. & RAND, A.S. (1990) Sexual selection for sensory exploitation in the frog *Physalaemus pustulosus*. *Nature*. 343, 66–67.

SANTOS, T.G., KOPP, K., SPIES, M.R., TREVISAN, R. & CECHIN, S.Z. (2008) Distribuição temporal e espacial de anuros em área de Pampa, Santa Maria, RS. *Iheringia, Série Zoologia*. 98(2):244–253.

SANTOS, T.G., ROSSA-FERES, D.C. & CASATTI, L. (2007) Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*. 97(1):37–49.

SANTOS, T.G., ROSSA-FERES, D.C. (2007) Similarities in calling site and advertisement call among anuran amphibians in Southeastern Brazil. *South American*

Journal of Herpetology. 2:17–30.

SÃO PEDRO, V.A. & FEIO, R.N. (2010) Distribuição espacial e sazonal de anuros em três ambientes na Serra do Ouro Branco, extremo sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *Biotemas*. 23(1), 143–154

SASA, M.M., CHIPPINDALE, P.T. & JOHNSON, N.A. (1998) Patterns of postzygotic isolation in frogs. *Evolution*. 52, 1811–1820.

SCHWARTZ, J.J. (1987) The function of call alternation in anuran amphibians: a test of three hypotheses. *Evolution*. 41, 461–471.

SCOTT JR., N.J. & WOODWARD, B.D. (1994) Surveys at breeding. In: Heyer WR, Donnelly MA, Mcdiarmid RW, Hayek LAC, Foster MS, editors. *Measuring and Monitoring Biological Diversity – Standard Methods for Amphibians*. 1st ed. Washington (DC): Smithsonian Institution Press; p. 118–125.

SUEUR, J. & FARINA, A. (2015). Ecoacoustics: the ecological investigation and interpretation of environmental sound. *Biosemiotics*. 8(3): 493–502.

SUEUR, J., AUBIN, T. & SIMONIS, C. (2008) Seewave: a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*. 18:213–226.

SUEUR, J., FARINA, A., GASC, A., PIERETTI, N. & PAVOINE, S. (2014) Acoustic indices for biodiversity assessment and landscape investigation. *Acta Acustica united with Acustica*. 100:772–781.

SULLIVAN, B.K. (1989) Interpopulational variation in vocalizations of *Bufo woodhousii*. *Journal of Herpetology*. 23, 368–373.

SURLYKKE, A. & KALKO, E.K.V. (2008) Echolocating bats cry out loud to detect their prey. *PLoS ONE*. 3(4):e2036.

TOLEDO, L.F. & HADDAD, C.F.B. (2009) Defensive vocalizations of neotropical anurans. *South American Journal of Herpetology*. 4(1), 25–42.

TOLEDO, L.F., MARTINS, I.A., BRUSCHI, D.P., PASSOS, M.A., ALEXANDRE, C. & HADDAD, C.F.B. (2014) The anuran calling repertoire in the light of social context. *Acta Ethologica*. 1–13.

TOLEDO, L.F., ZINA, J. & HADDAD, C.F.B. (2003) Distribuição espacial e temporal de uma comunidade de anfíbios anuros do Município de Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Holos Environment*. 3(2):136–149.

TOWNSEND, C.R., BEGON, M. & HARPER J.L. (2010) *Fundamentos em Ecologia*. Artmed, Porto Alegre, 576 pp.

TOWSEY, M., WIMMER, J., WILLIAMSON, I. & ROE, P. (2014) The use of acoustic indices to determine avian species richness in audio-recordings of the environment. *Ecological Informatics*. 21:110–119.

TUCKER, D., GAGE, S.H., WILLIAMSON, I. & FULLER, S. (2014) Linking ecological condition and the soundscape in fragmented Australian forest. *Landscape Ecology*. 29:745–758.

VALENTIN, J.L. (2012) *Ecologia Numérica – Uma Introdução à Análise Multivariada de Dados Ecológicos*. Rio de Janeiro (RJ): Interciência.

VASCONCELOS, T.S. & ROSSA-FERES, D.C. (2005) Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*. 5(2):137–150.

VASCONCELOS, T.S. & ROSSA-FERES, D.C. (2008) Habitat heterogeneity and use of physical and acoustic space in anuran communities in Southeastern Brazil.

Phyllomedusa. 7, 127–142.

VASCONSELOS, T.S., SANTOS, T.G., ROSSA-FERES, D.C. & HADDAD, C.F.B. (2009) Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*. 87, 699–707.

VAUCLAIR, J. (1996) *Animal cognition: an introduction to modern comparative psychology*. New York (NY): Harvard University Press.

VELÁSQUEZ, N.A., MORENO-GÓMEZ, F.N., BRUNETTI, E. & PENNA, M. (2018) The acoustic adaptation hypothesis in a widely distributed South American frog: Southernmost signals propagate better. *Scientific Reports*. 8(6990):1–12.

VENÂNCIO, N.M., LIMA, A.P., SOUZA, M.B. & MAGNUSSON, W.E. (2014) Between-year consistency of anuran assemblages in temporary ponds in a deforested area in Western Amazonia. *Herpetological Journal*. 24, 155–160.

VILLANUEVA-RIVERA, L.J. & PIJANOWSKI, B.C. (2016) soundecology: Soundscape Ecology. [R package]. Version 1.3.2. [accessed 2018 Apr 25]. <http://CRAN.R-project.org/package=soundecology>.

VILLANUEVA-RIVERA, L.J., PIJANOWSKI, B.C., DOUCETTE, J. & PEKIN, B. (2011). A primer of acoustic analysis for landscape ecologists. *Landscape Ecology*. 26(9):1233–1246.

VINCENT, S.E., SHINE, R. & BROWN, G.P. (2005) Does foraging mode influence sensory modalities for prey detection in male and female filesnakes, *Acrochordus arafurae*? *Animal Behaviour*. 70(3):715–721.

WALTHER, G., POST, E., CONVEY, P., MENZEL, A., PARMESAN, C., BEEBEE, T.J.C., FROMENTIN, J., HOEGH, O. & BAIRLEIN, F. (2002) Ecological

responses to recent climate change. *Nature*. 416, 389–395.

WATANUKI, Y. (1986) Moonlight avoidance behavior in Leach's stormpetrels as a defense against slaty-backed gulls. *The Auk*. 103(1):14–22.

WEIR, J.T., WHEATCROFT, D.J. & PRINCE, T.D. (2012) The role of ecological constraint in driving the evolution of avian song frequency across a latitudinal gradient. *Evolution*. 66(9):2773–2783.

WELLS, K.D. (2007) *The ecology and behavior of amphibians*. The University of Chicago Press, Chicago, 1400 pp.

WEN, A., VASQUEZ, N. & CASTROVIEJO-FISHER, S. (2012) Description of the previously Unknown advertisement calls of *Hyalinobatrachium fragile*, *H. pellucidum*, and *Vitreorana antisthenesi* (Amphibia: Centrolenidae). *Zootaxa*. 3480:80–87.

WILEY, R.H. & RICHARDS, D.G. (1978) Physical constraints on acoustic communication in the atmosphere: implications for the evolution of animal vocalization. *Behavioral, Ecology and Sociobiology*. 3, 69–94.

ZIEGLER, L., ARIM, M. & NARINS, P.M. (2011) Linking amphibian call structure to the environment: the interplay between phenotypic flexibility and individual attributes. *Behavioral Ecology*. 22:520–526.

ZOOLLINGER, S.A., PODOS, J., NEMETH, E., GOLLER, F. & BRUMM, H. (2012) On the relationship between, and measurement of, amplitude and frequency in birdsong. *Animal Behaviour*. 84(2012):e1–e9.

ZUUR, A.F., IENO, E.N. & ELPHICK, C.S. (2010) A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*. 1(1):3–14.